

La citadelle domine majestueusement la ville de Besançon et le Doubs de plus de 120 m.

Les plans de la citadelle furent dessinés par Vauban en avril 1668, alors que Besançon avait été prise aux Espagnols par le prince de Condé, deux mois plus tôt. Les premiers travaux commencèrent aussitôt, continués à partir du 29 septembre de la même année par les Espagnols à qui la ville avait été rendue. Le traité de Nimègue, signé le 10 août 1678, rattacha définitivement la ville et sa région au royaume de France. Louis XIV décida alors de faire de Besançon un des maillons essentiels du système de défense de l'Est de la France et confia à Vauban le soin de poursuivre la construction de la citadelle.

Le puits

Au XVII^e siècle, les besoins en eau de la citadelle étaient satisfaits par des systèmes de canalisations extérieurs, mais qui pouvaient être détruits lors des premières heures d'un siège ennemi. C'est pour cette raison qu'en 1681, Vauban fit commencer le creusement du puits que nous connaissons et qui s'avère aujourd'hui le plus profonds de France.

HISTOIRE DU CREUSEMENT DU PUITS

Documentation

D'après le professeur Maurice Gresset, grand historien de Besançon, le creusement du puits aurait été entrepris en 1681 et d'après un courrier de l'entrepreneur Martin adressé à Louvois et daté de novembre 1681, son creusement n'avançait guère à cause de la dureté et de la compacité de la roche. Après deux accidents mortels, les ouvriers cessèrent le creusement qui ne reprit qu'en 1683. Faute de documentation, on peut seulement dire que tout était achevé en 1693, lors de la visite de Michel Le Peletier de Souzy (1640-1725), directeur des fortifications du Royaume.

• Dans les archives militaires du fort de Vincennes, aucun document concernant le creusement du puits et de son entretien n'ont été retrouvés. Seule subsiste une brève mention du puits dans un document de 1693, sans doute lié à la visite de Michel le Peletier: Outre cela, il y a dans le centre de la place un fort grand puits qui a 67 toises de profondeur, sur 9 à 10 pieds de diamètre, dans lequel il y a 8 à 10 pieds de hauteur d'eau. La toise du Châtelet utilisée sous Vauban faisait 1,949 m et le pied du Roi 0.325 m. On ob-

tient donc une profondeur de 130.5 m, avec 2,4 à 3 m de hauteur d'eau et un diamètre de 2,9 à 3,2 m.

• Une collection d'atlas avait été rédigée sur les fortifications du Royaume, celui de 1755 (Joblot), concernant la citadelle de Besançon annonce lui aussi

Outre cela jl ya dana le centre de la place vn fou grand puida qui a 67. Hr. de profondeuv suv g. a sop?

de diametre dana lequel jl ya 8. a sop? de hauteuv d'au.

La brève mention du manuscrit de 1693 sur le puits . Il révèle aussi l'existence et la dimension de trois citernes.

une profondeur de 402 pieds (Soit 67 toises) et mentionne une eau saumâtre de mauvaise qualité. Que peut -on déduire de cet adjectif *saumâtre* : que l'eau était putride ou légèrement salée, *saumâtre* pouvant avoir ces deux significations pour un non spécialiste.

A la lecture de ces chiffres, la première question qui se pose est : de quelle manière et avec quels instruments avait été mesurée la profondeur ? A l'époque ni rubans plastiques ou métalliques ! Lors des mesures préliminaires ayant précédé le lever de la carte de Cassini, les bases nécessaires à la mise à l'échelle de cette carte avaient été déterminées avec des règles en bois de 2 toises (3,898 m), reportées au sol les unes après les autres. Est-ce avec une toise en bois et à partir des marques qu'il faisait en paroi, que le puisatier mesurait la profondeur au fur et à mesure de son avancement pour se faire payer ? Ses mesures étaient-elles vérifiées et dans l'affirmative, par qui ? Avait-on aussi estimé la profondeur du puits à partir du nombre de tours de cordes autour du tambour du treuil ? Nul ne le sait.

Il faut noter que le puits a été creusé au fond d'un creux naturel, situé au sommet de la citadelle. La belle voûte maçonnée de 9 m de profondeur qui coiffe

la partie haute du puits et qui repose très visiblement sur le départ du creusement dans le rocher en est la le preuve. À cet endroit se trouvait une fracture qui a dû faciliter le départ du creusement.

Les mesures modernes

En novembre 1944, Charles Domergue, spéléologue de Montbéliard, avait été descendu au treuil au fond du puits pour vérifier la présence éventuelle de cadavres de Résistants qui auraient pu y être jetés par les Allemands. En effet, à une dizaine de mètres du puits se trouve aujourd'hui une plaque où sont gravés les noms de la centaine de Résistants abattus entre le 28 avril 1941 et le 18 août 1944 en ce lieu. Le spéléologue a laissé un compte-rendu, dans lequel il écrit n'avoir trouvé aucun corps après avoir gratté le sol. Il donne au puits une profondeur de 125 m, déduite de la longueur de corde utilisée par le treuil qui l'a descendu.



Les 100 noms des patriotes fusillés de 1941 à 1944 figurent sur cette plaque à moins de 10 m du puits.

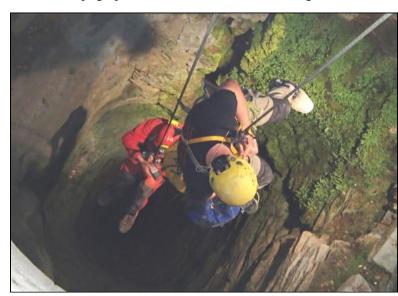
En 1982-86, Jean-Jacques Compagnon pompier au GRIMP effectua deux descentes. Toujours par les longueurs de cordes, il estime lui aussi la profondeur du puits à 125 m environ. L'explorateur affirme avoir dégagé les cailloux à la main au fond du puits et trouvé la roche à peu de profondeur. La vérification de cette affirmation fut l'un des objectifs de la descente du 15 avril 2015.

Préparation de la descente, un spéléologue s'équipe. Les cordes sont amarrées sur les murs et non sur le tambour.



Les autres descentes effectuées par les spéléologues, notamment à l'occasion de Téléthon ne mesurent pas la profondeur, adoptant les 125 m annoncés précédemment.

Le 15 avril 2015, les mesures faites par P. Courbon topographe de son état, avec l'aide des grou-



Dès le départ, nous mesurons et notons tout ce qui nous paraît intéressant.



L'impressionnante descente dans les profondeurs du puits. On voit la partie maçonnée et la fissure au départ du creusement.





Le beau dôme de 9 m de haut et de 4,5 m de diamètre qui coiffe le puits.

pes spéléologiques du Doubs donnent 118,2 m par rapport au sommet de la margelle. L'altitude du sol à l'orifice (364,4 m), est aussi déterminée en partant du repère géodésique de l'IGN situé dans le fort (Axe croix chapelle, 389,54 m). D'autres altitudes sont déterminées sur le Doubs, pour contrôler la cohérence des profondeurs historiques du puits.

Quant au diamètre du puits, au départ du creusement dans la roche, il fait 3,06 m. Mais du fait des irrégularités et fractures de la roche, son diamètre n'est pas constant, il peut descendre à 2,5 m. Au fond actuel, il est presque carré et mesure 2,8 m par 2,8.



Les 20 cm du descendeur donnent l'échelle des cailloux du comblement.

Notre creusement en bordure du puits a dégagé une forure qui descend beaucoup plus bas. Beaucoup de gravier et de tessons de briques.



L'obstruction du puits

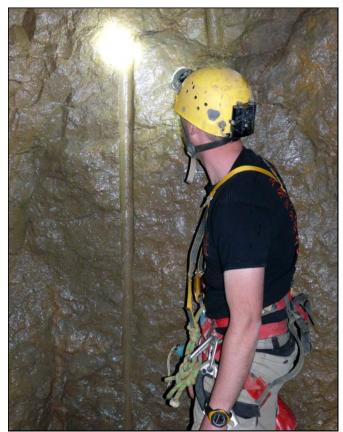
Le fond actuel, à sec, n'est pas le fond d'origine. Comment le puits a-t-il été en partie comblé? Nous ne pouvons y répondre. Au fond, nous avons creusé sur une profondeur de 50 cm pour ne trouver que des petites pierres et du petit gravier. Quelques morceaux de briques montrent qu'il a servi de décharge à des maçons. Un vieux stylo à bille a été trouvé sous10 cm de graviers! Il y a un petit comblement qui s'effectue chaque année avec les jets des touristes! Nous avons remonté trois sacs de bouteilles plastiques et déchets divers.

Quant à notre creusement de 50 cm de profondeur, il a dégagé une forure de barre à mine qui descend beaucoup plus bas, le creusement du puits n'a donc pas été abandonné, comme affirmé précédemment.



Le rapprochement des forures est lié à la traversée d'une couche dure. On voit les traces de pointerolle pour finir le creusement.

En bas, une trace de forure longue de 1.6 m, correspondt-elle à deux forures de 0,8 m en prolongement ?



TECHNIQUE DE CREUSEMENT

La aussi nous possédons peu d'éléments. Il est certain qu'au fur et à mesure que le puits s'approfondissait, les liaisons à la voix devenaient de plus en plus difficiles. Des plateformes ont-elles été construites à intervalles suffisamment proche pour permettre les liaisons à la voix ou au sifflet ? Cela aurait facilité la mise en place et la rotation des ouvriers. Cependant, ces plateformes pouvaient être une gêne pour le passage de fûts de déblais. Au cours de notre visite du 15 avril 2015, nous avons soigneusement inspecté les parois du puits, pour rechercher des traces de scellement. Nous avons bien trouvé quelques redans, mais rien de significatif permettant de localiser précisément l'emplacement d'une plateforme. Dans son étude sur les puits alsaciens [3], René Kill ne cite qu'un petit nombre de puits comportant des traces de plateformes.



Ces deux photos illustrent l'irrégularité du creusement, avec une partie presque carrée. A un changement de strate, on devine un redan, mais nous n'y avons pas vu de trous de scellement caractéristique d'une plateforme .



Différemment de certains puits creusés dans le grès, la taille des parois est ici très irrégulière, influencée par les fractures dans la roche, certaines sections sont presque carrées, comme au fond.

<u>Le problème de la poudre</u>. Lors de notre exploration, nous avons observé sur les parois de nombreuses traces de barre à mine, estimées à plus de 200. Elles sont espacées très irrégulièrement, nous verrons en infra l'interprétation de cette irrégularité.

Il nous est difficile de comprendre la méthode d'aération utilisée lors de ce creusement, les gaz délé-

tères dégagés par la poudre, principalement du CO₂, étant mortels et stagnant au fond du puits par leur densité. Les deux puisatiers morts en 1681 l'ont-ils été par asphyxie?

Nous signalons qu'au fond du puits, il y avait deux forures de 1,6 m de long et de 50 mm de diamètre, leur volume était donc de 3 litres. Mais, à l'époque la dimension des fleurets ne permettait pas de forures aussi longues; a-t-on exécuté une seconde forure en prolongeant l'extrémité restante d'une première, après explosion, ce qui aurait doublé sa longueur? Même en ne remplissant une forure de 80 cm qu'aux 2/3 de poudre, une quantité énorme de gaz devait se dégager au moment de l'explosion du litre de poudre. Le problème de la ventilation au fond du puits prend alors une importance extrême. Nous renvoyons à l'annexe « Aérage des puits » qui tente de faire le point.

Emplacement des forures. Pour René Kill, les explosifs étaient employés au centre du puits et à partir de la fissuration créée par l'explosion dans la roche, on creusait au pic ou à la pointerolle jusqu'au diamètre souhaité. Ici, le centre du puits étant comblé sur une dizaine de mètres, il est difficile de faire cette constatation. L'irrégularité des traces de forure en paroi mentionnée en supra incite à penser que la poudre n'a été utilisée hors du centre que dans les passages où la roche était plus dure. En de nombreuses portions du puits, nous trouvons ces traces de pointerolle.

Mais, que dire des forures trouvées en paroi et qui sont si parfaitement verticales que nous nous demandons comment l'un des puisatiers pouvait taper efficacement à la masse sur la tête de barre à mine.



Ici, pas de forure, la paroi a été taillée à la pointerolle.

Les besoins en eau de la garnison.

Comment l'eau se renouvelait-elle au fond du puits, au fur et à mesure des pompages? En fonction de la fissuration on de la porosité de la roche encaissante, quelle était sa vitesse de renouvellement? Pour que les puisatiers puissent creuser entre 2,5 et 3 m sous le niveau de l'eau, ce renouvellement ne devait pas être très rapide. L'arrivée de l'eau se faisait-elle par capillarité ou petites fissures, telle celle vue au fond que nous avons atteint?

Le document des archives militaires datant de 1693 et cité précédemment, mentionne trois citernes. Il y en aurait quatre actuellement : une par front (Enceinte). Nous n'en connaissons pas la contenance, mais d'après la description qu'on nous en a donnée, celle au niveau du puits est très vaste ; le document de 1693 lui donne 50 pieds de long pour 20 de largeur, sans en préciser la profondeur. On peut déduire de sa superficie que sa contenance avoisinait 300 m³. A 5 L/

jour d'eau par personne, il fallait 2,5 m³ d'eau par jour pour une garnison de 500 hommes, plus 25 L/jour par cheval, mais nous ne savons quel était le nombre de ceux-ci. En ce qui concerne l'approvisionnement des hommes, la citadelle aurait pu supporter un long siège. Puisage de l'eau: Un beau treuil subsiste encore au sommet du puits, protégé par un joli bâtiment à clairevoie. Il s'agit d'une cage d'écureuil dont la rotation entraînait un tambour. Il y avait un double enroulement sur le tambour de ce treuil: une corde qui remontait un seau plein, pendant qu'une autre corde, enroulée en sens inverse descendait un seau vide. Cela permettait de gagner du temps, tandis que le poids du seau vide et de la corde qui descendait allégeait l'effort de traction du seau plein (Voir photo ci-dessous).

Cette cage d'écureuil a un diamètre de 4,1 m et le tambour où s'enroule la corde a un diamètre de 0,41 m. Ce qui veut dire que lorsque l'homme chargé d'entraîner la cage d'écureuil faisait 1 m, la corde sur le tambour ne remontait que de 10 cm.



La forme du fond, modulée par les fractures de la roche est presque carrée. En paroi, une fissure telle qu'il aurait pu en exister au niveau de l'eau



Quant aux cordes, pour accroître leur longévité [1, p.372], elles avaient un diamètre de 30 à 40 mm, d'un poids de 1,1 à 1,5kg/m. Vue la masse de la corde, 1a remontée de 125 l d'eau devait peser autour de 300 kg au départ, auxquels s'ajoutaient les frottements inévitables du mécanisme.

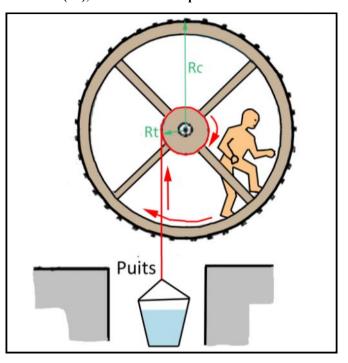
La vitesse de remontée devait osciller de 5 cm/ sec au départ, à 10 cm/sec lorsque le poids de la corde descendante finissait par équilibrer, puis dépasser le poids de la corde montante. Il fallait vraisemblablement plus d'une demi-heure pour une remontée de fût. Au puits de Longwy, profond de 75 m, les documents anciens mentionnent une capacité de remontée de 4.000 l/jour. Etant donnée la plus grande profondeur du puits de Besançon, on serait tenté de limiter cette quantité à 3.000 l/jour, à condition que l'alimentation en eau du fond du puits le permette. Le puits restait un moyen de compléter l'eau de pluie dans les citernes.

Les deux tambours d'enroulement du câble ont une longueur de 0.65 m. La première spire d'une corde de 30 mm avait un diamètre à l'axe de 0.445 m, donc une longueur de 1,4 m. Il fallait moins de 100 tours pour remonter l'eau et l'ensemble de la corde tenait aisément dans le compartiment limité par deux cercles de bois (photo).



La cage d'écureuil actionnée par un ou deux hommes qui marchaient à l'intérieur. On voit les deux tambours: un où s'enroulait la corde, un autre où elle se déroulait.

Le rapport entre le rayon de la cage (Rc) et celui du tambour (Rt), donne la démultiplication de l'effort.



Aujourd'hui, ne subsiste plus le bassin qui devait vraisemblablement jouxter la margelle du puits, pour y vider l'eau de puisage et la diriger par une tuyauterie vers la citerne la plus proche.

APERCU HYDROGEOLOGIQUE

Dans la portion la plus étroite du méandre du Doubs, la citadelle s'est bâtie sur un anticlinal, dont on voit parfaitement les strates à partir des forts de Chaudanne et de Brégille, situés de part et d'autre de l'autre coté du cours d'eau. Dans la citadelle, au sol de la grande cour située au S.O. de la chapelle Saint-Etienne, on voit nettement la légère courbe formée par la strate sommitale; qui n'a pas été recouverte de gravier.

Le puits s'est creusé dans les couches de calcaire jurassique qui forment l'anticlinal. Leur dureté, comme l'attestent les forures de barre à mine dans le puits est variable avec leur niveau. Quand au caractère saumâtre de l'eau, si l'eau était vraiment saumâtre, il pourrait venir d'une mince couche de marnes contenant du sel, en contact avec la nappe alimentant le puits.

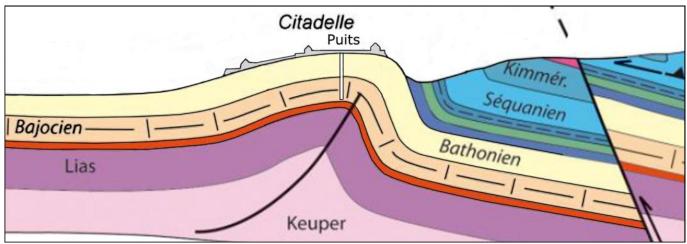
Dans une première approche, il est logique de supposer qu'en creusant le puits, on devrait atteindre la nappe phréatique du Doubs qui coule à moins de 250 m. Cela, d'autant plus que le méandre formé par le Doubs décrit une grande boucle autour de la citadelle qu'elle encercle presqu'entièrement. Cette encerclement est encore accentué par le parcours souterrain du



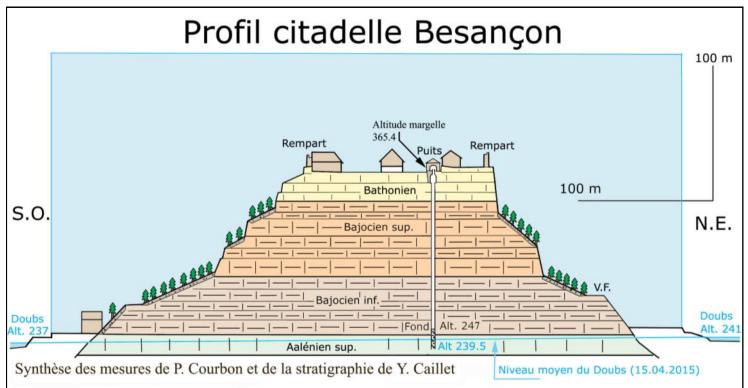
Le sommet courbe de l'anticlinal tel qu'il apparaît dans la cour proche de celle du puits. La roche nue n'est pas recouverte de gravier.

canal du Rhône au Rhin, inauguré en 1832. Bien que la fracturation de l'anticlinal, en cours d'étude par les géologues, puisse avoir une influence, il semble logique que le niveau moyen de l'eau au fond du puits soit lié au niveau moyen du Doubs. A l'aplomb du puits, ce niveau moyen est à 239,5 m d'altitude, cela nous donnerait l'eau à 126 m au dessous du niveau de la margelle et le fond du puits à 129 m en dessous. Mais il est possible qu'avant l'aménagement du canal du Rhône au Rhin, le niveau amont du Doubs ait été plus bas, ce qui nous donnerait un fond de puits légèrement plus bas.

La citadelle s'étend sur le sommet d'un anticlinal et elle est encadrée de part et d'autre par le Doubs qui franchit cet anticlinal par deux cluses en formant une grande boucle.









Conclusion

Cette profondeur estimée de 129 m, ou peutêtre un peu plus, est cohérente avec les 130,5 m (67 toises) annoncés dans les documents militaires et la précision des mesures de l'époque. Tous les éléments observés lors de cette exploration s'ajoutent à une étude générale des grands puits creusés dans d'autres forteresses.

Remerciements: Nous remercions les responsables de la citadelle de Besançon, en particulier M. Schultz, qui nous ont donné l'autorisation d'explorer le puits et de faire toutes nos mesures. Nous remercions aussi Hermine Chapron pour son amabilité, René Kill et Roland Bois pour les éléments qu'ils nous ont fournis. Un grand merci encore à Emmanuel Ruiz, Arnaud Goy, Yoann Caillet et aux spéléologues du Doubs sans lesquels l'exploration du 15 avril n'aurait pu se faire.

BIBLIOGRAPHIE

Différemment du puits du fort de Joux, nous n'avons rien trouvé de significatif concernant le puits de la citadelle, ni dans les bibliothèques de la ville de Besançon, ni aux archives départementales du Doubs. Nous nous référons souvent au document [1] ci-après qui fait autorité en la matière.

Sur la photo à gauche, on voit parfaitement les strates de la roche que traverse le puits.

[1] René KILL, 2012, L'approvisionnement en eau des montagnes alsaciennes, CRAMS, Saverne, 480 p.

[2] Francis PIERRE, 2008, Etude de l'évolution des techniques d'attaque de la roche dans les mines vosgiennes, du XVIe au XVIIIe siècle, Archeopages 22, (dossier Mines et carrières), juillet 2008, p.42-49, Inrap, Paris

ANNEXE SUR L'AÉRAGE

Les traces de barre à mine que l'on trouve dans les puits du château de Joux et surtout dans celui de la citadelle de Besançon posent le problème de l'aérage des puits après les explosions. Les documents militaires retrouvés n'entrent pas dans les détails techniques du creusement.

L'Allemagne compte plus de puits profonds que la France et le problème de l'aérage des puits y était connu depuis bien longtemps, pour éliminer le gaz carbonique généré lors des travaux. A l'époque

La poudre qui remplissait ces forures a dégagé beaucoup de CO2 au moment de l'explosion.



romaine Il aurait même été abordé par Vitruve, comme mentionné dans la traduction de Perrault en 1684! Plusieurs auteurs ont écrit à ce sujet du XVII^e siècle. Nous citons le plus célèbre.

Georg Agricola (1494-1555)

De son vrai nom George Bauer, ce savant allemand du XVI^e siècle nous a laissé une œuvre monumentale écrite en latin : *De Re Metallica (De la chose métallique, ou Metallkunde)*, qui constitue le premier ouvrage de référence sur les techniques minières et le travail du métal. Edité en 12 livres, l'ouvrage s'appuie sur de très nombreuses illustrations (273) qui facilitent sa compréhension. Il a été traduit en Allemand et en Français [1] et a connu plusieurs rééditions.

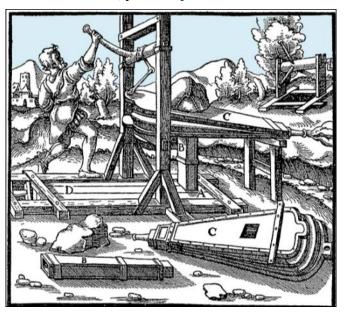
Une dizaine de pages de son livre VI, traitent des moyens utilisés pour l'aérage des puits de mine [1]. Mais à l'époque on n'utilisait pas encore la poudre pour creuser la roche et cet aérage ne devait évacuer que le gaz carbonique dégagé par les mineurs et leur éclairage, ou peut-être encore, dégagé par certaines roches, ou lors du chauffage pour fissurer des roches dures. Dans ses descriptions, l'ouvrage nous donne des puits profonds de 120 pieds (40 m) au maximum.

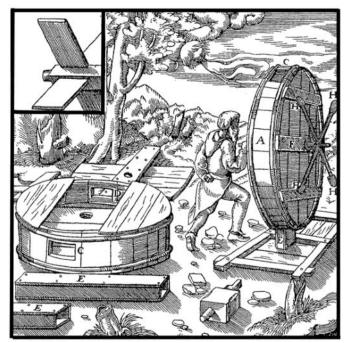
Parmi les méthodes décrites, il y avait des panneaux de bois disposés judicieusement à l'entrée du puits et dans le puits, pour utiliser la force du vent en vue de l'aérage. Il y avait même des tonneaux étonnamment aménagés pour capter le vent. Mais, évidemment l'efficacité d'un tel système était liée à la présence du vent et à ses caprices.

On mettait aussi en œuvre d'énormes soufflets, tels ceux que nous utilisons encore dans nos cheminés, pour aspirer l'air vicié du fond du puits par l'intermédiaire de conduites en bois. L'étanchéité à la jonction des différents éléments de la conduite était assurée par de la glaise bien grasse. Par la partie du puits laissée ouverte, l'air de l'extérieur remplaçait l'air aspiré (Figure).

Il y avait encore des systèmes de ventilation constitués par des pales en bois que l'on faisait tourner dans un boitier circulaire adapté. En fonction du sens de la rotation, on pouvait soit injecter de l'air frais soit aspirer l'air vicié. Là encore, on utilisait des conduites en bois pour acheminer cet air (Figure).

Sur l'une des nombreuses illustrations d'Agricola, le soufflet C aspirait l'air vicié par l'intermédiaire de conduites en bois B, pour le rejeter à l'air libre.





Autre système d'aérage cité par Agricola : les pales d'une pompe à air permettent d'aspirer l'air vicié, toujours canalisé dans des conduits en bois.

Exemples d'aérages connus

René Kill [3, p.113], nous apprend qu'au puits de Königstein (Allemagne), creusé de 1563 à 1569, un conduit d'aérage en bois avait atteint la profondeur de 137 m au cours du creusement. Il avait été retiré ensuite pour éviter de pourrir l'eau et remplacé par un petit puits latéral de 0.6 m de diamètre pour aérer l'eau. Au puits d'Augustusburg d'une profondeur de 131 m et creusé à la même époque, un conduit d'aérage latéral de 0.9 m de diamètre était creusé dans le roc. Nous ne savons ce qu'il en est pour d'autres puits profonds; il n'y a de tels conduits, ni à Besançon, ni à Joux. A Homberg, creusé de 1605 à 1613, deux ouvriers auraient actionné en permanence un soufflet, comme sur le livre d'Agricola. Mais les puits étaient encore creusés manuellement.

On a aussi cité le partage d'un puits en deux compartiments séparés par une cloison en planches. Nous n'y croyons pas pour un puits de plus de 100 m.

Apparition de la poudre dans le creusement

L'emploi de la poudre, attesté dans les mines des Vosges à partir de 1620 [4], va se généraliser ensuite. Le gaz carbonique (CO2) dégagé en abondance par son explosion est beaucoup plus lourd que l'air (Densité 1,56) et stagne dans le piège constitué par le fond d'un puits. Même au cœur de l'hiver, une différence de température de 30° entre le fond du puits et l'extérieur ne pourrait créer qu'une différence de densité de 1,10 entre l'air froid et l'air chaud. Ce qui est insuffisant pour que le courant de convection ainsi créé, et connu des spéléologues, soit capable de faire remonter un gaz carbonique non dilué. Autre question : si un tel courant de convection pouvait se créer dans un puits de 50 m, en était-il de même pour un puits de 150 m, les différences thermiques étant atténués par la distance à parcourir.

Ce problème s'est posé dans tous les puits creusés dans la seconde moitié du XVII^e siècle, Joux et surtout Besançon, entre autres. Faute de documents d'archive donnant une description précise des méthodes de creusement de ces deux puits, nous en sommes réduits à formuler des hypothèses.

L'hypothèse des soufflets

Il faut rendre visite à la taillanderie de Nanssous-Ste-Anne (Doubs), où deux énormes soufflets (4 m de long), installés au XVIII^e siècle, étaient actionnés à partir d'une chute d'eau entraînant une roue. Par un système de conduites en bois, ils alimentaient en air les différentes forges de la taillanderie. De tels soufflets, mis en œuvre par le système de remontée des déblais, n'auraient-ils pu être utilisés pour aspirer les gaz nocifs à Besançon et à Joux? Peut-on imaginer que des conduites en bois aient pu être mises en œuvre à Besançon?

A Besançon, comme à Joux, si de telles canalisations ont été posées, il serait normal qu'elles aient été enlevées à la fin du creusement. Cependant, nous n'avons remarqué aucune trace de scellement pour les tenir contre la paroi. Il est vrai que nous ne sommes posés la question qu'après l'exploration et, malgré notre soin à examiner les parois, certains détails ont pu alors nous échapper.

Autre hypothèse, ces conduites d'air n'étant que provisoires, n'aurait-on pu penser à les confectionner en solide toile de marine étanchéifiée, plus faciles à manipuler dans les puits ? Un tel tuyau, en toile de lin cirée, aurait été employé pour l'aérage lors du creusement d'un aqueduc souterrain, à Chiomonte (Val de Suse, Italie), au XVIe siècle [5].

Les fours aspirants (Wetterhofen)

Ce type de four, dénommé Wetterhofen par les Allemands, est sujet à polémique. Certains fours auraient été employés à l'intérieur de puits au XVI^e pour créer un courant d'air ascendant. Mais cet usage ne fait pas l'unanimité et nous n'y croyons guère! D'après Johannes Just BARTELS (1660-1721), le premier Wetterhofen aurait été expérimenté dans une mine de Bad Grund (Haut Harz) en 1716. Les gaz chauds créés dans un four remontent rapidement dans une cheminée en créant une forte aspiration. Dans les mines, le Wetterhofen était placé en surface à l'écart du puits auquel était relié un conduit pour aspirer l'air.

Conclusion

Dans les puits de Besançon et de Joux, le problème de l'aérage après explosions n'est pas résolu de manière certaine. Soufflets ? Ventilateur avec palettes en bois ? Type de conduite d'aérage ? Nous n'avons pu, dans l'état actuel des connaissances, que formuler des hypothèses, ou poser des questions.

D'après les vestiges retrouvés dans différents puits, les méthodes n'étaient pas partout identiques. Bien que l'on retrouve quelques écrits, à l'époque, pas de « Manuels du puisatier », les connaissances devaient se transmettre oralement... Il était exceptionnel de creuser des puits de 100 m de profondeur et plus ! Aussi, il ne serait pas étonnant que les puisatiers chargés de ce travail hors normes aient adopté des techniques issues de leur propre expérience, différant suivant les puits. Il reste à affiner les recherches.

RAPPEL D'ACCIDENTS [2]

Sans remonter à l'Abisso dei Morti, près de Trieste, où en 1860 quatre ouvriers trouvèrent la mort par asphyxie après une explosion, limitons nous à une époque plus récente. En spéléologie, des progrès énormes ont été accomplis concernant l'usage de la poudre lors des désobstructions souterraines. D'une part, on utilise des mèches de 10 ou 12 mm, limitant la quantité de poudre utilisée et puis sont apparues des microcharges dégageant peu de gaz nocifs. Il serait cependant bon de rappeler les derniers accidents intervenus, ils permettront de comprendre pourquoi nous avons

autant insisté sur le problème de l'aérage.

• D'abord, le 8 mars 1993, à Pegairolles-del'Escalette (Hérault), un spéléologue de 30 ans trouvait la mort dans un gouffre en cours de désobstruction. On a supposé qu'il avait été intoxiqué par les gaz d'un tir d'explosif qu'il avait réalisé 24 heures plus tôt à -70. Son corps était remonté jusqu'a -50 où les médecins pompiers ne purent que constater le décès. L'extrême étroitesse de la cavité et l'absence de ventilation avaient rendu très difficile la tâche des sauveteurs dont 5 légèrement intoxiqués durent être traités en caisson hyperbare.

• Peu de temps après, le 15 août 1999, à Prugnares (66), deux spéléologues : Christian Marty et Franck Bournet périssaient au cours de la désobstruction de l'Aven de la Pipe 02. Près de la surface, ils employaient un perforateur de chantier (32mm de diamètre) nécessitant l'emploi d'une beaucoup plus grande quantité d'explosifs. Après une explosion, Franck Bournet, descendu en premier, était pris d'un malaise et s'effondrait au fond du trou, Christian Marty lui portait immédiatement secours et s'évanouissait à son tour. Les secours appelés par leurs deux compagnes, présentes au bord du trou, arriveront trop tard.

• Bien qu'il n'ait pas été dû à une désobstruction à l'explosif, il serait bon de rappeler Le drame qui se déroula le 21 juin 1995 dans le Bois de Clairefeuille, à Montérolier, dans la région de Rouen. Trois enfants étaient partis visiter un souterrain creusé par les Allemands de 1943 à 1944 pour y stocker des fusées V1 destinées à écraser Londres. Comme ils ne revenaient pas, leur père, puis un docteur et quatre pompiers partirent à leur recherche. Eux non plus ne revinrent jamais. Après aération du souterrain, les neuf corps furent découverts. Le décès par asphyxie de ces neuf personnes ne fut jamais totalement élucidé.



Travaux modernes dans un puits à CO2 : il y a un tuyau plastique et une pompe aspirante électrique !

Remerciements: A MM. René Kill et Hans Klose pour les documents qu'ils m'ont aimablement fournis.

BIBLIOGRAPHIE

[1] AGRICOLA Georg, 1556, *De Re Metallica*, traduction française de l'édition originale latine de 1556 par Albert France-Lanord, Gérard Klopp, Thionville, 1992, pp. 163-174. Plusieurs éditions en Allemand existent.
[2] COURBON Paul, 2011, 1651-1653, La première désobstruction à l'explosif, Spelunca n°124, pp. 47-54.
[3] KILL René, 2012, L'approvisionnement en eau des montagnes alsaciennes, CRAMS, Saverne, 480 p.
[4] PIERRE Francis, 2008, Etude de l'évolution des techniques d'attaque de la roche dans les mines vosgiennes, du XVIe au XVIIIe siècle, Archeopages 22, (dossier Mines et carrières), juillet 2008, p.42-49, Inrap, Paris
[5] LECUGY Jacques, 2010, La chanson de Colombano, Verdons n° 31, Ed. Pays et gens du Verdon.

Contact: paul.courbon@yahoo.fr