

ANNALES
DE LA
SOCIÉTÉ LINNÉENNE
DE LYON

Année 1891

(NOUVELLE SÉRIE)

TOME TRENTE-HUITIÈME

LYON
H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR
36, PASSAGE DE L'HOTEL-DIEU
MÊME MAISON A GENÈVE ET A BALE

PARIS
J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, ÉDITEURS
19, RUE HAUTEFEUILLE

1891

NOTE

SUR L'ORIGINE DES

COURANTS D'AIR SOUTERRAINS

OBSERVÉS

DANS LES GRAVIERS DE LA COLLINE DE CALUIRE

LORS DU PERCEMENT

DU TUNNEL DE COLLONGES A SAINT-CLAIR (RHONE)

PAR

ÉLIE MERMIER

Dans l'intéressante notice géologique publiée par M. Cuvier (1) à l'occasion du percement du tunnel de Collonges à Lyon-Saint-Clair, il est fait mention d'un phénomène physique assez curieux, que l'auteur a laissé à peu près inexpliqué, et sur lequel je crois utile de m'arrêter quelques instants. Il s'agit des courants d'air, ou *soufflards*, qui se sont manifestés à différentes reprises au sein des graviers traversés par cette importante galerie.

Notre confrère nous dit à ce sujet, que les mineurs occupés à l'abatage des déblais ont pu se convaincre plusieurs fois, pendant le cours de leurs travaux, que les graviers voisins du front d'attaque aspiraient ou refoulaient de l'air atmosphérique. D'après les observations faites à cet égard, les courants se produisaient de préférence sous des bancs de poudingue ; la section de la veine

(1) F. Cuvier, *Notice géologique sur le souterrain de Caluire* (Rhône). *Ann. Soc. Linn. de Lyon*, t. XXXVI, 1889.

gazeuse était faible ; la durée de l'écoulement du gaz variable, et sa vitesse maxima suffisante pour éteindre une lampe de mineur. L'aspiration était plus fréquente que le refoulement, et il est arrivé parfois qu'une veine devenait aspirante de refoulante qu'elle était tout d'abord.

M. Cuvier, n'ayant pu donner une explication qui rendit compte du phénomène de l'aspiration, pense que les refoulements pourraient bien être dus « à la présence d'air atmosphérique abandonné « sous pression par les eaux pluviales qui le tenaient en dissolution ».

Cette hypothèse est formulée en termes un peu vagues pour être discutée rigoureusement. Du reste, s'il est permis d'admettre qu'une infime partie de l'air dissous dans les eaux infiltrées se dégage par suite de l'évaporation souterraine, on ne saurait comprendre, en l'absence d'une explication précise, comment cet air parviendrait à se soustraire à une diffusion immédiate et à s'accumuler, car il est incontestable que l'air atmosphérique circule avec aisance dans les interstices des graviers.

Cette circulation est indiquée d'ailleurs par la permanence des sources sortant des nappes alluviales, comparée à l'intermittence de leur alimentation.

En ce qui concerne particulièrement la colline de Caluire, d'où s'échappent des sources à débit constant, nous savons qu'il s'infiltré dans sa masse, pendant les 115 jours pluvieux d'une année, 10 millions de mètres cubes d'eau (1), qui mettent 365 jours pour s'écouler au dehors. C'est donc en nombre rond une *réserve* de 6.850.000 mètres cubes qui se forme de ce fait pour alimenter les sources pendant les jours de sécheresse ; par suite, un égal volume d'air est annuellement chassé de l'intérieur de la colline. Pendant les 250 jours non pluvieux, l'évacuation de cette réserve aspire au contraire 6.850.000 mètres cubes qui pénètrent dans la colline pour combler le vide formé.

Si nous avons tenu compte dans ce calcul des jours pluvieux

(1) La surface considérée mesure 1600 hectares.

qui fournissent à l'infiltration un volume d'eau inférieur à celui qui s'échappe journellement par les sources, nous aurions vu que la ventilation souterraine est encore plus considérable que celle indiquée ci-dessus.

Cette considération seule permettrait d'avancer que, en règle générale, l'équilibre doit exister entre l'air extérieur et celui contenu dans les interstices d'un terrain formé de sable et de gravier. Cependant, comme M. Cuvier paraît attribuer aux terrains meubles rencontrés par le souterrain une résistance à la pénétration, suffisante pour maintenir en pression une poche d'air comprimé, qui se serait formée dans leurs interstices, j'ai cherché à déterminer expérimentalement la valeur de cette résistance.

Dans ce but, j'ai fait un certain nombre d'expériences au moyen d'un appareil très simple, consistant en un réservoir de forme cylindrique en plomb, mis en communication avec une pompe à air, et portant un ajutage de même métal, ayant 4 mètres de longueur et 20 millimètres de diamètre. Deux robinets placés, l'un sur la conduite d'arrivée de l'air, l'autre à l'origine de l'ajutage, permettent d'isoler le réservoir et de le maintenir à la pression donnée par la pompe. L'ajutage est rempli de sable fin, humide, amené à son maximum de densité, c'est-à-dire à incompressibilité parfaite, par des pilonnages soignés. A cet état, le sable de l'ajutage peut être assimilé à du sable stratifié, et ses interstices, occupés par l'air atmosphérique, ont un volume égal à un peu moins du tiers du volume total. Des manomètres métalliques, échelonnés sur cet ajutage, permettent de noter l'instant du passage de l'air comprimé en face de chacun d'eux.

En donnant une série de pressions dans le réservoir, et en ouvrant chaque fois le robinet de l'ajutage, il est facile de constater les vitesses de l'air dans le sable, correspondant à chacune des pressions.

Si l'on compare ensuite ces vitesses à celles de l'air circulant dans un ajutage libre, calculées d'après le théorème de D. Bernoulli appliqué à l'écoulement des gaz, on pourra se rendre compte

exactement de la résistance due à la présence du sable. Le tableau ci-après résume les résultats obtenus :

PRESSION DANS LE RÉSERVOIR (En atmosphères au- dessus de la pression atmosphérique.)	VITESSE DE L'AIR DANS LE SABLE (En mètres à la seconde.)	VITESSE DE L'AIR DANS UN AJUTAGE LIBRE D'APRÈS D. BERNOULLI (En mètres à la seconde).	RÉSISTANCE DU SABLE (Exprimée en réduction de vitesse).
0,25	0,266	190	1/714
0,50	0,400	256	1/640
1 »	0,571	325	1/586
1,50	0,888	385	1/433
2 »	1,330	421	1/316

Pendant la durée de chaque expérience, il se produisait dans le réservoir à air une détente égale au trentième environ de la pression d'origine, en sorte que les vitesses données ci-dessus pour l'écoulement de l'air dans le sable doivent être considérées comme un peu faibles.

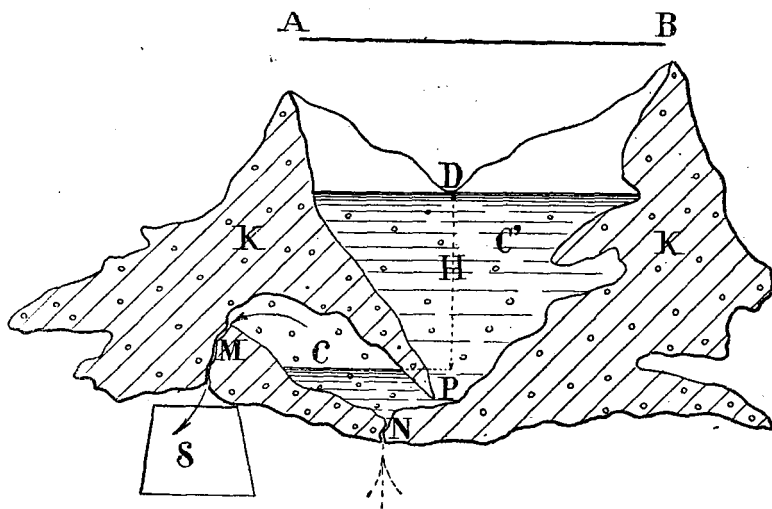
Cette remarque faite, nous allons voir que, si la résistance du sable paraît considérable, surtout dans les basses pressions, elle est insuffisante pour tenir en charge, même pendant un temps très court, un volume quelconque d'air qui aurait été abandonné par les eaux pluviales. Supposons, en effet, la production soudaine au sein d'une masse sableuse d'une grande bulle d'air comprimé à 0^{atm}, 25, à laquelle nous donnerons 10 mètres de diamètre, par exemple. En admettant pour ce terrain la proportion de 1/3 de vide pour 2/3 de plein, le volume d'air à écouler pour rétablir l'équilibre serait de 43 mètres cubes; d'autre part, la section d'écoulement égalerait le tiers de la surface de cette bulle, soit 104 mètres superficiels. La vitesse donnée par le tableau étant de 0^m, 266 à la seconde, il en résulte que la diffusion de cet air comprimé serait accomplie *en moins de 2 secondes*.

Par conséquent, dans l'énoncé des causes qui ont dû déterminer les courants de sens contraire, dont a parlé M. Cuvier, il ne suffit pas d'émettre une hypothèse sur l'origine de l'air dont

on a constaté l'échappement, mais il faut aussi et surtout indiquer par quel mécanisme l'air a pu se comprimer et se maintenir indéfiniment en pression.

Or, selon nous, ce sont les *poudingues* qui ont joué le rôle principal dans cette compression.

Nous ferons remarquer à cet effet que la ventilation naturelle des graviers, due au jeu des eaux pluviales, doit évaporer à la longue les fines parcelles d'eau restées adhérentes à la surface des cailloux, dans les parties accessibles aux eaux d'infiltration. Cette évaporation souterraine permettant au carbonate de chaux dissous de se déposer et de cimenter les graviers, il en résulte qu'il doit se former des poudingues dans les profondeurs des terrasses alluviales, et effectivement, il en a été rencontré un grand nombre dans la terrasse qu'a traversée le tunnel de Caluire.



CROQUIS REPRÉSENTATIF DU MÉCANISME DES SOUFFLARDS

Ces poudingues affectent des formes très irrégulières, et comportent comme les dépôts de tuf, auxquels ils peuvent être assimilés, de nombreuses cavernes cloisonnées par des séries de stalactites soudées entre elles.

Un conglomérat qui se formerait en contre-bas du pourtour d'une lentille argileuse AB pourrait fort bien prendre une forme semblable à celle indiquée par la coupe ci-dessus.

Les dépôts calcaires K , s'accumulant sous les points bas servant de trop-plein à la nappe aqueuse retenue par l'argile, auraient fini par se rejoindre en formant une sorte de bassin à deux compartiments séparés par une cloison P (1).

Les eaux se rendront dans cette cuvette, remplie de cailloux restés meubles, en chassant l'air qui s'y trouve ; mais dès que leur niveau aura dépassé l'arête P , l'air contenu dans la caverne C ne pourra s'échapper. Si l'eau continue à affluer, son niveau montera dans le bassin C' où l'air peut jouer facilement, mais sera maintenu bas dans la caverne, par l'air dont la pression ira en augmentant, jusqu'à ce qu'elle corresponde à une charge maxima H , déterminée par la hauteur d'un déversoir D .

Supposons maintenant que la galerie d'avancement du tunnel de Caluire soit venue passer en dessous d'un poudingue de cette forme. M. Cuvier nous dit que, malgré les boisages employés, cette galerie a produit sur tout son parcours des tassements très importants qu'il estime en moyenne à une trentaine de centimètres. Or, sur le point que nous considérons, ces tassements ont sans aucun doute fissuré les parties du poudingue qui se trouvaient près du toit de la galerie.

En admettant qu'une première fissure se produise en M , l'air comprimé de la caverne C va immédiatement se dégager par cette ouverture, et donner lieu dans la galerie à un refoulement d'air S qui ne sera autre chose qu'un des *soufflards* de M. Cuvier.

Au fur et à mesure de cette évacuation d'air, l'eau descend dans le bassin C' pour monter dans la caverne, la remplir à peu près et même se déverser par l'orifice M . Si à ce moment une deuxième

(1) A la gravière qu'on exploite activement en ce moment-ci à Saint-Fons près de Lyon, les cailloux remplissant les cavités des poudingues ont été extraits sur plusieurs points, ce qui permet de constater *de visu* que la forme de certains poudingues mis à découvert se rapproche beaucoup de celle donnée par notre figure.

cassure se déclare en *N*, l'eau du bassin s'échappera par cette nouvelle ouverture, mais en abaissant son niveau dans la caverne, fera le vide au-dessus d'elle ; elle va donc aspirer fortement l'air par la fissure *M*, et le soufflard devient aspirant de refoulant qu'il était. Cette aspiration durera d'ailleurs jusqu'à ce que le niveau de l'eau se soit abaissé au-dessous de l'arête *P*.

Les formes de poudingues qui se prêtent à la compression naturelle de l'air sont nombreuses. Ce résultat peut être obtenu également par des poudingues caverneux superposés à une couche imperméable d'argile. Il n'est donc pas surprenant que le phénomène des courants d'air se soit renouvelé fréquemment pendant les travaux de percement d'un tunnel presque entièrement établi dans le gravier.

Du reste, l'air comprimé dans les cavernes peu volumineuses doit disparaître à la longue sous l'influence de la pression de l'eau, soit par dissolution dans cette dernière, soit par infiltration dans les vacuoles du conglomérat. L'eau devait donc en général remplir les interstices de ces cavités, et lorsque les tassements du tunnel sont venus briser les parois de celles-ci, ils n'ont donné lieu qu'à des aspirations. Par suite, il est compréhensible que les soufflards observés aient été généralement aspirants.

Il s'est produit aussi un de ces courants d'air à 33 mètres de profondeur, dans un puits de sondage foncé sur l'axe du souterrain à 650 mètres environ de sa tête S-E. Ce point tombant dans un massif de poudingue (1), et le courant d'air ayant été refoulant, on aura sans doute ici percé la voûte d'une caverne en pression.

Ainsi se trouverait expliquée cette mystérieuse *respiration* souterraine des graviers, qui jeta un certain effroi parmi les mineurs du tunnel de Caluire, en leur faisant croire à l'imminence de grands dangers. Si nos observations réussissent à leur épargner le renouvellement de pareilles frayeurs, elles ne seront

(1) Voir la coupe qui accompagne la notice de M. F. Cuvier.

pas moins utiles aux Constructeurs appelés à diriger des travaux souterrains, car un soufflard deviendra pour ces derniers l'indice certain du voisinage de poches d'eau, sinon le prélude de l'irruption de celles-ci dans leurs chantiers; c'est-à-dire un avertissement qui leur permettra de se prémunir contre cette dernière éventualité.