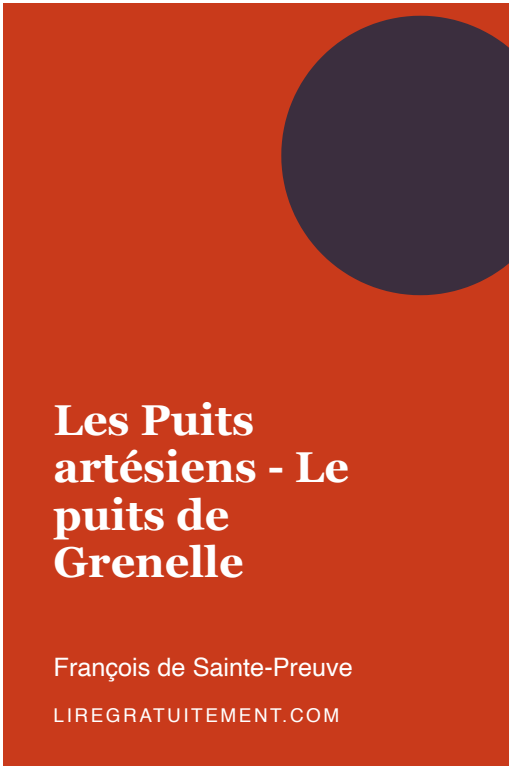


Les Puits artésiens - Le puits de Grenelle

François de Sainte-Preuve

LU AVEC LIREGRATUITEMENT.COM

Livre libre de droits, lisible gratuitement en ligne et en quinze minutes par jour.

Les Puits artésiens - Le puits de Grenelle

PUITS ARTÉSIENS.

LE PUITS DE GRENELLE.

Depuis quelques années, l'attention publique était excitée par les tentatives faites, en différentes localités, pour chercher de l'eau à de grandes profondeurs, lorsqu'on n'en avait pas à la surface de la terre, ou lorsque celle que l'on pouvait s'y procurer ne possédait pas les qualités convenables. Ce sentiment de curiosité s'est changé en un intérêt très vif lorsque nous avons vu, pendant un si long espace de temps, manœuvrer des machines puissantes de forage dans la plaine de Grenelle. L'attrait de la nouveauté, si grand pour les Parisiens, les difficultés d'une opération qui paraissait gigantesque, l'étonnement du public qui ne comprenait pas, avec son gros bon sens, pourquoi on allait chercher à cinq cents mètres sous terre une eau que la Seine pouvait nous fournir si abondamment et à peu de frais ; enfin les accidens nombreux qui n'ont cessé d'entraver cette opération et qui l'ont rendue inutile lorsqu'elle semblait achevée, et après que, dans un premier mouvement d'enthousiasme, la ville de Paris avait récompensé largement ceux qui l'avaient dirigée, toutes ces circonstances ont de plus en plus appelé l'attention sur les puits artésiens. On s'est demandé ce qu'étaient ces puits, on en a voulu connaître l'histoire et la manière de les établir ; enfin, à propos du puits de Grenelle, on s'est demandé à quoi ils étaient destinés. On a élevé même des doutes sur la question de savoir si ces puits devaient servir à se procurer de l'eau ou de la boue ; la caricature s'en est

mêlée, et dans ce moment les puits artésiens sont aussi peu du goût des Parisiens qu'ils étaient admirés et prônés il y a quelques mois. De telles vicissitudes dans l'opinion publique doivent être expliquées ; la question, qui s'est chargée de toutes sortes d'élémens étrangers, a besoin d'être ramenée à ses principes les plus simples, et c'est ce que nous tâcherons de faire dans cet article, où nous nous proposons d'exposer les principaux modes de forage qui ont été inventés jusqu'ici, et de montrer par quelle suite de travaux pénibles et d'artifices ingénieux on est parvenu à former cette espèce d'égout, que quelques personnes appellent encore naïvement la fontaine de Grenelle.

On sait généralement qu'il existe sur certains points de la France, et notamment dans notre ancienne province de l'Artois, un grand nombre de puits que leur très petite largeur, la manière dont on les a creusés et la hauteur à laquelle les eaux s'y élèvent, recommandent à l'attention des voyageurs. Dans la plupart de ces puits, le niveau des eaux atteint presque le sol ; dans quelques-uns même, il le dépasse, et donne naissance à une fontaine jaillissante. Des puits, des fontaines semblables, existent aussi, chacun le sait, dans presque toutes les contrées ; mais, nous Français, nous leur donnons le nom d'artésiens, parce que c'est dans l'Artois que nos pères en ont fait pour la première fois. D'ordinaire, ces puits ont tous un très petit diamètre ; on les creuse de deux manières, tantôt à l'aide d'outils emmanchés au bout d'une longue tige en bois ou en fer, agissant sur les terrains qu'ils traversent à la façon de la tarière du charpentier, tantôt avec un mouton que soulève une corde et qu'on laisse retomber dans le trou de sonde, comme s'il s'agissait de battre des pilotis.

Tout porte à croire que c'est la force elle-même des eaux ascendantes rencontrées par le sondeur à une certaine profondeur qui a fait adopter les puits artésiens. En effet, lorsque l'on creuse un puits ordinaire, à large diamètre, en y faisant descendre des ouvriers qui attaquent le fond à l'aide de la poudre ou des outils, on expose ces hommes à être noyés dès qu'ils atteignent le niveau des eaux jaillissantes. Pour lutter contre cet afflux dangereux, pour permettre aux ouvriers de bâtir les parois inférieures du puits, il faudrait épuiser constamment les eaux qui envahissent le trou, avec des appareils hydrauliques plus ou moins dispendieux, comme cela se pratique dans les houillères. On comprend que nos pères aient préféré le battage et le forage, qui, s'opérant d'en haut, dispensent de descendre au-dessous du sol. C'est dans cette différence capitale des deux modes de creusement que gît la distinction essentielle entre les puits artésiens et les puits ordinaires. Agrandissez, si vous voulez, le trou de sonde, donnez-lui le diamètre des plus larges fosses des mines : tant que la force motrice partira d'en haut, tant que l'ouvrier ne quittera pas le sol, et que les outils qu'il allonge progressivement descendront seuls dans les entrailles de la terre, vous aurez fait ce qu'on appelle un puits artésien.

Les personnes qui ne sont pas au courant des lois de la physique ont quelque peine à comprendre une circonstance assez curieuse des forages artésiens. Quand le trou de sonde n'est encore descendu qu'à une faible profondeur, l'eau ne s'y maintient qu'à une certaine distance du sol et n'afflue qu'avec lenteur. Plus on avance, plus l'afflux des eaux devient en général rapide, et plus elles s'élèvent dans le puits. Enfin, quand on descend à une profondeur suffisante, on atteint, dans un grand nombre de lieux du moins, la nappe qui rejaillit au-dessus du sol. Il semble, au pre-

mier abord, qu'il y ait là un phénomène en quelque sorte paradoxal. Comment les eaux qui tendent toujours, comme nous le savons, à descendre vers le centre de la terre, peuvent-elles remonter d'autant plus haut dans le puits qu'on les a prises plus bas ?

Les eaux que rencontre d'abord le sondeur sont de faibles infiltrations entretenues par ce que les premières couches de terre ont retenu des dernières pluies, ou par ce que leur fournissent les cours d'eau voisins. Ces eaux descendent peu à peu à travers ces terres poreuses, jusqu'à ce qu'elles rencontrent une couche peu perméable, telle qu'un banc de craie bien compacte ou d'argile ; là elles s'amassent, et forment la première nappe d'eau qui alimente les puits ordinaires, peu profonds, des villes et des campagnes. On comprend tout de suite pourquoi le niveau de ces puits baisse avec la sécheresse, et pourquoi ils se tarissent à certaines époques.

Mais le sondeur creuse davantage ; il atteint, je le suppose, au-delà de ce banc de craie compacte, au-dessous de ce banc d'argile, une couche très poreuse, des sables, par exemple, et plus bas encore un autre banc peu perméable à l'eau. Admettons que cette couche de sable et ses deux enveloppes s'étendent à une assez grande distance, et se relèvent, dans une certaine direction, jusqu'à la surface du sol ; supposons enfin que le lieu où vient apparaître au jour, en se redressant, la couche de sable, soit plus élevé que celui où le sondeur a percé l'orifice de son puits : on comprend bien vite que les eaux de pluie qui tomberont sur ce sable suivront en descendant la couche de même substance, et que lorsqu'elles atteindront l'extrémité inférieure du puits foré, elles s'y élèveront pour atteindre le niveau de leur point de départ.

Mais ce point de départ est, nous l'avons admis, plus élevé que l'orifice du puits ; donc les eaux jailliront. La source artésienne créée par le sondeur coulera, on le voit, par les mêmes causes qui font couler tant de sources naturelles ; comme elles, cette fontaine pourra baisser ou même tarir quand les pluies ne seront ni assez fréquentes, ni assez abondantes.

La comparaison que je viens d'établir entre les jets artésiens et les sources dit assez que ces jets ne sont pas alimentés par les pluies seules. Quelle est, en effet, l'origine de la plupart des sources naturelles ? L'humidité absorbée par les forêts, par les montagnes, par le sol des plaines elles-mêmes, non-seulement pendant la nuit, mais encore pendant le jour, alors que les nuages, que les brouillards descendent jusqu'à ce sol, sans qu'il y ait pour cela formation de la pluie. À ces causes s'ajoute, en certains lieux, une cause plus puissante encore : c'est la présence des masses de glace et de neige qui enveloppent constamment les monts les plus élevés. Si donc la couche poreuse que je supposais atteinte par la sonde s'étend, en se relevant, jusqu'à ces forêts, ou même jusqu'à ces montagnes couvertes de neige et de glace, la fontaine artésienne pourra couler avec tout autant de constance et de régularité que les sources naturelles.

L'origine des puits de cette espèce se perd dans la nuit des temps. L'Asie et l'Afrique les ont connus bien avant l'Europe, et bien des auteurs n'ont voulu voir qu'une sonde dans la baguette avec laquelle Moïse frappa le rocher pour en faire jaillir une source au milieu du désert.

Le plus ancien forage artésien fait en France remonte à l'année 1126 ; il existe encore à Lillers, en Artois, dans un ancien couvent de chartreux. L'Italie a pratiqué ce système de très bonne

heure. Bernardin Ramazzini nous apprend, dans une dissertation sur les puits artésiens qui date de la seconde moitié du XVII siècle, que des puits à peu près semblables aux forages artésiens se sont faits à Modène depuis les époques les plus reculées. On va voir que ces puits sont des forages à petit diamètre, pratiqués, au fond d'un puits ordinaire, dans une roche qui s'étend sous toute l'étendue la ville de Modène.

« Le premier citoyen venu, dit Ramazzini, a-t-il besoin d'eau pour son usage particulier, il fait venir, non pas une brigade d'ouvriers, mais simplement un fontainier, et, pour quarante francs, dans quelque endroit de la ville que ce soit, il se fait forer un puits qui lui donne l'eau la plus pure et la plus saine, qui jaillit lorsqu'on est arrivé à peu près à 63 pieds de profondeur. La seule difficulté que les ouvriers rencontrent est l'écoulement des eaux qui suintent des parois du puits, et qui les inondent quelquefois dans leur travail jusqu'à ce qu'ils soient arrivés à 28 pieds, là où l'argile commence à se montrer. Ils remédient à cet inconvénient en élevant des murs enduits de chaux qui vont en s'évasant jusqu'à fleur de terre ; l'eau qui sort de ces puits est d'abord chargée de sable, et ce n'est que le lendemain qu'elle s'éclaircit. » Ramazzini ajoute, sur la foi des fontainiers, que « ces puits jetaient parfois tant de sable, que le sol s'affaissait à l'entour, que les édifices croulaient, et qu'il fallait combler les ouvertures faites au sol. Les eaux fournies par ces jets, dit encore Ramazzini, sont si abondantes, que, réunies en un canal qui se jette dans la Scultenna, elles peuvent porter des bateaux. » Il remarque aussi que « lorsqu'un puits est foré trop près d'un autre, on voit l'eau baisser dans ce dernier, puis remonter, et osciller ainsi jusqu'à ce que le niveau demeure parfaitement le même dans les deux puits. »

Shaw raconte, dans ses voyages, qu'il a entendu dire à des habitans du Wad-Reag, amas de villages situés dans le désert de Sahara, que ce pays n'était alimenté d'eau que par des puits forés que je puis comparer à ceux de Modène. De semblables puits existent dans des oasis ; Olympiodore, qui vivait vers le milieu du VI siècle, en fait mention. Enfin, nous en trouvons dans certaines contrées de l'Asie, et la tradition locale les fait remonter aux temps les plus éloignés.

Les Chinois, ce peuple exceptionnel qui, malgré l'état d'ignorance dans lequel il végète depuis longues années, pourrait, en matière d'industrie, apprendre tant de choses aux Européens, les Chinois ont, de tout temps, admirablement pratiqué ces sondages. Ici, encore nous retrouvons le perpétuel contraste qu'offrent tous les arts, toutes les œuvres de cette singulière nation. Vous ne verrez dans aucun autre pays des puits aussi profonds, aussi nombreux, des puits qui soient aussi vite, aussi simplement creusés. Notre puits le plus profond, celui de Grenelle, ne descend qu'à un demi-quart de lieue. Nos voisins du duché de Luxembourg ont été un peu plus loin ; mais ces deux merveilles de l'industrie européenne feraient sourire de pitié les paysans de la province d'Ou-Tong-Kiao, ou les sauniers de Tselicou-Tsing, qui entreprennent bravement, pour moins de trois mille écus, avec quelques méchans outils, des puits d'un quart de lieue, et les achèvent à deux en moins de trois ans. Si le terrain de Paris n'était pas plus rebelle à ce genre d'exploration que celui de la Chine, le conseil municipal eût fait évidemment une excellente affaire en traitant avec deux de ces pauvres ouvriers du céleste empire.

De si magnifiques résultats, si simplement obtenus, indiqueraient chez les Chinois un développement industriel très avancé, si ce peuple ne faisait preuve d'ignorance et de routine chaque fois qu'il rencontre un terrain dont la nature se montre quelque peu rebelle à l'unique mode de sondage qu'il sache pratiquer. L'Européen, dans un cas semblable, trouverait quelque combinaison nouvelle ; il modifierait ses outils, ses procédés ; le Chinois ne sait pas ou ne veut pas sortir d'embarras ; il trouve plus simple d'abandonner le puits commencé, fût-il à deux doigts du but. Les Annales de la propagation de la foi (n 16, janvier 1829) contiennent une lettre d'un missionnaire français, M. Imbert, où l'on trouve des détails, sinon complets, du moins fort curieux, sur le procédé chinois. J'extrais de cette lettre les passages relatifs à l'opération mécanique du forage. « Il y a quelques dizaines de mille puits salans dans un espace d'environ dix lieues de long sur quatre ou cinq lieues de large. Chaque particulier un peu riche se cherche un associé et creuse un ou plusieurs puits. C'est une dépense de 7 a 8,000 fr.... Tous les puits sont dans le rocher. Ces puits ont ordinairement de 15 à 1,800 pieds français de profondeur, et n'ont que 5 ou 6 pouces au plus de largeur. Si la surface est de terre de 3 ou 4 pieds de profondeur, on y plante un tube de bois creux surmonté d'une pierre de taille qui a un orifice de 5 ou 6 pouces ; ensuite on fait jouer dans ce tube un mouton ou tête d'acier de 3 ou 400 livres pesant. Cette tête d'acier est crénelée en couronne, un peu concave par-dessus et ronde par-dessous. Un homme danse toute la matinée sur une bascule qui soulève cet éperon à 2 pieds de haut, et le laisse tomber de son poids ; on jette de temps en temps quelques seaux d'eau dans le trou pour pétrir les matières du rocher et les réduire en bouillie. L'éperon, ou tête d'acier, est suspendu par une bonne corde de rotin, petite

comme le doigt, mais forte comme nos cordes de boyau ; cette corde est fixée à la bascule ; on y attache un bois en triangle, et un autre homme est assis à côté de la corde. À mesure que la bascule s'élève, il prend le triangle et lui fait faire un demi-tour, afin que l'éperon tombe dans un sens contraire. Quand ils ont creusé 3 pouces, on tire cet éperon avec toutes les matières dont il est surchargé (car j'ai dit qu'il était concave par-dessus), par le moyen d'un grand cylindre qui sert à rouler la corde. De cette façon, ces petits puits ou tubes sont très perpendiculaires et polis comme une glace. Quelquefois tout n'est pas roche jusqu'à la fin, mais il se rencontre des lits de terre, de charbon, etc. ; alors l'opération devient des plus difficiles et quelquefois infructueuse, car, les matières n'offrant pas une résistance égale, il arrive que le puits perd sa perpendiculaire, mais ces cas sont rares. Quelquefois le gros anneau de fer qui suspend le mouton vient à casser, alors il faut cinq ou six mois pour pouvoir, avec d'autres moutons, broyer le premier et le réduire en bouillie. Quand la roche est assez bonne, on avance jusqu'à deux pieds dans les vingt-quatre heures. »

On le voit, le sondeur chinois ne sait opérer à coup sûr que dans un terrain de roches bien homogènes. Dès qu'il rencontre une de ces couches de sable, d'argile, de houille, que nos sondeurs d'Europe ont tous les jours à forer, il ne sait plus guider son outil et lui conserver sa direction perpendiculaire. Le trou de sonde dévie bientôt ; le poids de l'outil est impuissant à le faire descendre ; il y a même danger de ne plus pouvoir le retirer de la fausse position dans laquelle il s'est engagé. Le forage est arrêté.

La série des terrains que traversent les puits d'Europe présentant presque partout des variations brusques de densité, des

corps durs, au milieu de couches plus tendres, par exemple des cailloux dans les bancs de craie, on comprend que les premiers essais d'imitation du procédé chinois n'aient pas été fort heureux. Aussi, la plupart des ingénieurs le repoussent-ils, ou ne l'emploient-ils qu'exceptionnellement. Un sondage de ce genre a été commencé, il y a quelques années, à Paris, dans les terrains de l'ancienne École militaire, et le non-succès de cette opération, que nous allons expliquer, n'a fait qu'accroître les préventions qui existaient déjà contre le procédé. L'ingénieur civil qui avait entrepris ce travail avait négligé la précaution sans laquelle le sondage à la corde ne saurait être sûrement pratiqué dans nos terrains hétérogènes. Il opérait comme le paysan chinois, sans donner à son outil un guide vertical bien fixe ; aussi, après être descendu avec un bonheur infini jusqu'à 200 mètres, son mouton dévia et s'engagea si fortement dans sa route oblique, qu'il fut impossible de le retirer, même en se servant d'énormes chaînes et en employant un bataillon de soldats. Il y avait sans doute des moyens de sortir d'embarras : on pouvait loger l'outil de côté, attaquer cet outil et le terrain enveloppant par des réactifs chimiques d'un prix peu élevé qui l'eussent dissous ; mais l'ingénieur aima mieux faire comme le sondeur chinois eût fait en pareil cas : il abandonna son puits ; seulement il n'imita pas complètement le Chinois, qui eût patiemment recommencé un autre sondage.

Le mauvais succès de la tentative de l'École militaire n'a pas effrayé une société de capitalistes lyonnais, qui s'intitule compagnie de la sonde française, et qui exploite aujourd'hui le sondage à la corde, mais en le modifiant considérablement. Le directeur des travaux de cette compagnie, M. Corberon, a résolu, comme

on va le voir, divers problèmes importans, et, entre autres, celui de la direction de l'outil.

Il faut savoir d'abord que le peu de consistance de la plupart des terrains que rencontrent les sondeurs en Europe, oblige presque partout ceux-ci à maintenir les parois du puits à l'aide de tubes en tôle, qu'on fait descendre à mesure que s'approfondit le trou de sonde. Or, c'est ce même tube de retenue des terres qu'a pris pour guide le directeur de la compagnie de la sonde française, et tout fait croire que de profonds sondages pourront être régulièrement opérés par cette méthode. Ce système est remarquable par sa simplicité même. On fait descendre constamment le tube de retenue à mesure que le trou s'approfondit, et on maintient l'extrémité inférieure de ce tube à quelques pouces seulement du fond. Le mouton, dont la longueur est d'un mètre au moins, dépasse donc à peine la colonne de tôle qui le renferme, et tout le reste de l'outil, glissant sur celle-ci, se trouve d'autant mieux guidé qu'il s'y emboîte presque exactement.

Avant la découverte du perfectionnement que nous venons de décrire, les ingénieurs européens étaient forcés de renoncer au procédé de la corde, et ils n'avaient trouvé rien de mieux à faire que de remplacer cette corde par une tige en fer rigide qu'ils guidaient, tant bien que mal, par en haut. Cette méthode, que suivent encore la plupart des sondeurs, est d'autant plus vicieuse que le puits est plus profond ; car la difficulté de guider l'outil, de le maintenir dans une direction bien verticale, devient une impossibilité manifeste, quand la tige, qu'on ne retient que par un bout, est d'une certaine longueur. Un autre inconvénient résulte du choc lui-même lorsque le forage atteint une grande profondeur. La masse de la tige peut en effet devenir si considérable,

que son propre poids la déforme à chaque, coup, la brise même, et qu'elle fouette, en se pliant, contre les parois du trou, qu'elle dégrade bientôt. Pareils accidens sont produits par le contre-coup qui suit le choc et qui tend à faire rebondir toute la sonde, comme la baguette que l'on fait jouer dans un fusil non chargé. Voilà pourquoi nos sondeurs de Grenelle n'ont pu continuer long-temps leur sondage par la percussion.

Nos voisins du duché de Luxembourg ont imaginé, il y a tantôt cinq ans, un système qui tient le milieu entre celui dont nous venons de parler et le système à la corde. Ils ont remplacé la plus grande partie de la tige en fer par un assemblage de tiges en bois beaucoup plus légères et plus maniables. À cette amélioration ils en ont joint une autre dont le mérite a été vanté à l'Institut, et qui évite les effets du contre-coup du mouton, dont le poids est nécessairement considérable. Au lieu de fixer invariablement ce mouton au reste de la tige, comme on l'avait fait jusqu'alors, ils le suspendent seulement, et, adaptant une sorte de coulisse sur cette tige, ils permettent au mouton, chaque fois qu'il rebondit par le contre-coup, de glisser dans cette coulisse, sans soulever la tige elle-même. De cette façon, la masse principale de la tige reste à peu près immobile à chaque choc.

C'est à Cessingen, dans le duché de Luxembourg, que ces deux améliorations ont été pratiquées pour la première fois. Elles ont permis de creuser, en neuf cents jours seulement, un puits de saline à la profondeur de 575 mètres, c'est-à-dire 27 mètres plus bas que le fond du puits de Grenelle. Si ceux de nos compatriotes qui ont dirigé ce dernier forage avaient suivi un tel exemple, ils auraient grandement abrégé et simplifié leur travail ; mais ils

eussent bien mieux fait encore en battant à la corde, moyen cent fois préférable à l'emploi des tiges en bois.

Outre le mode de creusement que nous venons de décrire, il y a aussi le forage, qu'on emploie plus fréquemment en Europe, et qui seul a été pratiqué dans le travail fait à l'abattoir de Grenelle. Ce forage consiste, le mot l'indique, à appuyer fortement des outils de formes diverses, mais différens du mouton, contre le fond du puits et à les faire tourner en même temps sur eux-mêmes. La corde ne pouvant, vu sa flexibilité, transmettre à l'outil le mouvement de rotation, et le presser contre le fond, il faut la remplacer par un manche rigide plus long que le puits lui-même, portant à son extrémité inférieure l'instrument de forage et venant saillir hors du puits. Ordinairement, le manche en question est une tige en fer formée de plusieurs tiges partielles placées bout à bout, emboîtées les unes dans les autres, et qu'on peut, par ce moyen, allonger indéfiniment. Pour empêcher que le mouvement de rotation ne torde cette tige, on lui donne une épaisseur d'autant plus grande qu'elle est plus longue. Ainsi, pour le puits de Grenelle, il a fallu, dans les derniers temps, des tiges très épaisses dont le poids total est de trente-un milliers de kilogrammes, et qui, par conséquent, sont d'un maniement on ne peut plus pénible.

Pour rendre plus léger ce manche du forage, on a imaginé de substituer aux barres pleines des tubes creux en fer qui résistent tout aussi bien, quoique contenant moins de matière. Le directeur de la compagnie de la sonde française a été plus loin encore ; il a pris pour machine, dans l'acte du forage, le tube même qui sert à la retenue des terres, et à cet effet il arme de dents le bord inférieur de ce tube et le fait tourner sur lui-même à mesure qu'il

s'enfonce, de sorte que, dans ses mains, ce tube remplit trois fonctions distinctes : 1 il maintient les parois des puits ; 2 il sert à guider le mouton qui glisse, en s'appuyant sur lui pendant le battage ; 3 il est un instrument de forage. Le sondage qu'on opère ainsi n'enlève, on le voit, qu'un anneau au-dessous même du tube, et il faut extraire tout l'intérieur de cet anneau au moyen du battage que nous avons décrit plus haut. La société d'encouragement pour l'industrie nationale a tout récemment accordé son approbation à ce système que nous sommes, pour notre compte, porté à adopter.

On objecte à la compagnie française qu'elle n'a fait encore avec ses nouveaux outils que des sondages peu profonds, de 65 mètres environ, près de Grenoble, qu'il lui sera impossible de faire tourner ainsi le tube de retenue des terres dans l'acte du forage, quand ce tube aura une grande longueur, et surtout quand il traversera des terrains argileux qui, se gonflant facilement, le presseront comme dans un étau. À ces objections graves, la société répond qu'il est facile d'éviter la pression des argiles ou des terrains, quels qu'ils soient, en élargissant convenablement les trous de sonde à l'aide des outils spéciaux que tous les sondeurs emploient à cet usage. Bornons-nous à dire que ces élargisseurs sont composés de pièces articulées qui s'écartent quand on fait descendre ces instrumens au-dessous du tube, et qui, débordant alors ce tube même, entament le terrain plus ou moins profondément, et creusent, si on le veut, un anneau plus large que le trou de sonde.

Àcette première considération, la société française ajoute encore un argument tiré du malheureux forage de l'École militaire. Elle rappelle que, jusqu'au moment où cette opération a été

abandonnée, les ouvriers ont pu faire tourner sur lui-même et sans grand effort le tube de retenue des terres, et cependant ce forage a été poussé à 200 mètres. La société se croit donc fondée à présumer qu'il sera possible de faire tourner encore le tube, descendît-il à la profondeur de 5 à 600 mètres.

Dans le plus grand nombre des sondages qui ont été faits jusqu'à ce jour en Europe par des méthodes différentes de celle de la compagnie française, et notamment dans celui de Grenelle, on n'a pu faire descendre le tube de retenue qu'à une certaine profondeur. Arrivé à ce terme, la pression des terrains environnans, ou les simples frottemens que le tube exerce contre eux, ont empêché toute descente extérieure ; il a fallu, pour prolonger inférieurement le tubage, insérer dans le premier tube un autre tube plus étroit qu'on a enfoncé à son tour autant qu'on l'a pu, et on a continué ainsi le tubage par l'addition successive de tuyaux de plus en plus étroits. La compagnie française pose en principe que tous ces forages ont été faits avec peu de soin, qu'on n'a pas pris la peine de bien élargir les trous de sonde, au passage des couches argileuses, afin de prévenir leur resserrement ; elle affirme que, sans cette négligence, les tubes n'eussent pas adhéré si fortement au terrain, et qu'on aurait pu faire descendre le premier, sinon indéfiniment, du moins jusqu'à une limite fort éloignée.

Si la doctrine de la compagnie française est exacte, les forages pourront être simplifiés à l'avenir. 1 L'emploi d'un seul tube évitera les rétrécissemens du trou de sonde qui finissent par empêcher les outils de passer, ou du moins qui forcent à commencer le forage sur un diamètre bien plus grand et bien plus coûteux ; 2 le tube devenant le manche de l'instrument de forage, on évitera la

dépense toujours considérable de l'achat des tiges, de leur transport, et les embarras de leur maniement. De tels avantages demandent à être mis en évidence par une expérience qui puisse appeler l'attention générale ; souhaitons donc à la Compagnie française un sondage aussi profond que celui de Grenelle. Sans attendre une démonstration aussi éclatante, nous dirons dès à présent, avec les ingénieurs les plus compétens en cette matière, qu'en Europe il faut faire marcher de front la percussion et le forage. La percussion s'opère très bien à la corde quand on sait guider l'outil, moins bien avec une tige en bois à coulisse, moins bien encore avec une tige en fer à coulisse, très mal avec une tige en fer complètement rigide.

Maintenant que nous connaissons les principes généraux de l'art des sondages, et que nous savons quelles sont les difficultés que l'on rencontre dans ces sortes d'opérations, pour justifier l'utilité des forages poussés à une grande profondeur, pour expliquer le jaillissement au-dessus du sol des eaux amenées par quelques-uns de ces puits, il faut jeter un coup d'œil sur l'hydraulique souterraine.

En quelque état que les eaux se précipitent à la surface de la terre, sous forme de pluie, de neige, de brouillard, etc., elles y pénètrent en grande quantité, soit en traversant des couches poreuses, soit en s'introduisant dans les déchirures que les révolutions du globe ont faites dans les masses de terrains imperméables, comme les roches granitiques. Une certaine partie de ces eaux coule sous terre, dans des espèces de canaux plus ou moins larges, ou bien par une filtration lente dans les couches de sable et dans les autres terrains très poreux qui composent l'écorce du globe. Là elles forment le plus souvent des nappes im-

menses, emprisonnées qu'elles sont, pardessus et par-dessous, entre deux couches de terrains compactes, telles que les argiles ; une autre partie de ces eaux peut constituer des amas tranquilles dans des fonds sans issue formés par les terrains de roches dures ou d'argiles plus ou moins molles. Chaque région de la terre offre de nombreux exemples de ces divers états. Les peuples anciens connaissaient, comme nous, les lacs, les fleuves souterrains ; aussi, tous les auteurs qui ont traité de la géographie physique et spécialement des fontaines, ont-ils cité, les uns après les autres, ceux de ces exemples qui sont le plus remarquables.

Un fait assez commun en Europe prouverait à lui seul l'existence des courans souterrains. Je veux parler de la disparition de certains cours d'eau qui s'engouffrent dans des cavernes, ou dans des espèces d'entonnoirs cachés par les eaux elles-mêmes. C'est ainsi qu'en Belgique la Lys se perd à cinq lieues de Dinant sous une masse de rochers, et reparaît à un demi quart de lieue plus loin, après avoir traversé une série de couloirs resserrés et de chambres plus élevées dont l'ensemble forme la fameuse grotte de Han. La rivière de Poyk nous offre un autre exemple du même genre. Elle s'engouffre dans la caverne d'Adelsberg, en Illyrie, et ses eaux reparaissent dans les profondeurs de cette immense cavité, pour se perdre de nouveau et reparaître plusieurs fois de suite. On a parcouru la caverne d'Adelsberg sur une largeur de deux lieues, mais on n'en a pas atteint l'extrémité ; un grand lac a jusqu'ici arrêté tous les curieux.

On sait qu'en France la Meuse se perd dans les terres au-dessus du village de Bazoilles, pour reparaître ensuite à Neuf-Château, une lieue plus loin ; on sait que, dans le département de l'Eure, la Rille disparaît de même près de Beaumont, et qu'elle

parcourt sous terre la même étendue de chemin à peu près. Dans la Côte-d'Or, la Venelle, le Suzon, sont absorbés par les terres, par le sol des prairies, mais sans qu'on aperçoive aucune cavité dans le sol. La forêt de Senonches voit l'Eure disparaître de même dans une partie de son étendue ; la Normandie nous offre aussi les exemples de l'Iton, de la Rille, de l'Aure, du Drom, dont les eaux sont absorbées peu à peu par de nombreux bétoirs ouverts en divers points du fleuve. Les touristes vont surtout visiter le Drom, qui, après avoir laissé une partie de ses eaux dans les plaines et dans les prairies de Bayeux, s'engouffre dans la fosse de Soucy, qui est large de 12 mètres environ.

L'Espagne nous offre l'exemple de la Guadiana, qui, après s'être infiltrée dans des terrains sablonneux et marécageux, reparaît plus forte qu'auparavant. La Grèce présente bien des faits semblables : tels sont les gouffres du lac Stymphale, du lac Copaïs, celui de Tsipiana, près de Mantinée, dans l'intérieur duquel on a construit un moulin pour profiter de la chute d'eau. Les amas d'eau souterrains qu'on trouve dans les cavernes, près de Rhéondas, sont, en été, la ressource des bergers qui fréquentent les plateaux arides de la Tzakonie.

M. de Humboldt cite, dans son voyage en Amérique, une caverne que parcourt une rivière large de dix mètres. On ne connaît pas toute la profondeur de cette cavité, qui conserve constamment dans la même direction, sur une longueur d'un demi-quart de lieue, une hauteur de 24 mètres, sur une largeur de 27.

La célèbre fontaine de Vaucluse, la Source du Loiret, et tant d'autres sources abondantes sont des preuves moins directes, mais non moins convaincantes, de l'existence des grands courans d'eau souterrains. La première donne, terme moyen, neuf cents

tonnes d'eau par minute, c'est-à-dire à peu près deux cent vingt-cinq fois autant que le puits de Grenelle, et la Sorgue, à laquelle elle donne naissance, est une véritable rivière dès son point de départ. Comment une telle quantité d'eau surgirait-elle à la fois, si elle ne circulait pas auparavant, avec une certaine liberté, dans quelque large canal souterrain ? La Loue, qui, dans le Jura, donne le mouvement à plusieurs usines dès sa sortie de terre, peut aussi fournir un argument du même genre.

L'immense nappe d'eau qui règne sous toute l'étendue de la ville de Modène, et qui fournit si abondamment à la multitude de fontaines jaillissantes de cette ville, ne peut être alimentée que par des sources proportionnellement aussi puissantes, et tout fait croire, ainsi que le dit Cassini, qu'elle descend des Apennins. Comme preuve remarquable de l'existence de ces grandes nappes d'eau souterraines, bien des auteurs ont cité le lac de Zirknitz en Illyrie. Le volume de la masse liquide est immense. La circonférence de ce lac est de sept à huit lieues dans les années humides ; huit, ruisseaux s'y déversent. À certaines époques irrégulières, et le plus souvent vers le milieu de l'été, toute cette masse d'eau disparaît rapidement, et au fond on découvre une quarantaine de trous ou de crevasses par lesquels a eu lieu l'absorption. Vers la fin de l'automne, les eaux surgissent subitement avec un bruit semblable à celui du tonnerre, et par les ouvertures qui les vomissent viennent avec elles des poissons et même parfois des oiseaux aquatiques presque aveugles et sans plumes. L'apparition subite de ces animaux prouve à elle seule que le lac de Zirknitz communique avec d'autres amas d'eau souterrains.

Je pourrais allonger encore cette liste, déjà trop étendue peut-être, de noms géographiques ; mais comme les personnes les

moins faciles à convaincre objecteraient à chaque citation que ce ne sont là que des trajets souterrains d'une faible étendue, insuffisante pour expliquer certaines fontaines jaillissantes telles que le puits de Grenelle, je rappellerai les sources d'eau pure qui surgissent dans l'Océan à trente et quarante lieues des côtes. D'où peuvent venir ces jets si ce n'est de la terre ferme ? Notez bien qu'il ne s'agit pas ici de ces courans d'eau douce que l'on trouve aussi au milieu de l'Océan à de très grandes distances, et dont on peut dire qu'ils ont traversé la mer sans s'y mêler, grace à leur vitesse et au volume considérable de leurs eaux ; je parle d'eaux qui jaillissent réellement dans l'Océan même, et qui en atteignent ainsi la surface. Un tel jaillissement est facile à distinguer d'un courant d'eau douce, même pour l'observateur le moins attentif, pour le marin le moins exercé. Je rappellerai aussi que, pour permettre aux eaux de circuler dans l'intérieur du globe, il n'est pas nécessaire de supposer des canaux parfaitement libres. Ces conduits pourront être engorgés de sables au travers desquels filtreront les eaux ; enfin, au lieu de canaux proprement dits, on peut encore concevoir des couches sablonneuses, plus ou moins larges, comprises entre deux autres terrains imperméables. Il n'y aura de différence que dans la vitesse des eaux, qui sera beaucoup moindre, et peut-être aussi dans le degré de leur pureté.

En terminant ici cette longue énumération, je me demande s'il était réellement nécessaire d'en appeler à l'observation pour expliquer la possibilité, pour justifier la probabilité d'un fait aussi simple que le passage des eaux par des canaux souterrains ; peut-être même n'est-il pas un seul de mes lecteurs qui n'ait admis tout d'abord cette hypothèse si naturelle, rien qu'à l'entendre énoncer. En tout cas, il n'y aura que surabondance de preuves, et

je pourrai, sans craindre de paraître obscur, partir de ce principe pour expliquer les fontaines artésiennes.

Après avoir exposé dans ces préliminaires les procédés dont on fait usage dans les puits artésiens, après avoir établi les principes hydrauliques qui doivent servir de guide dans les travaux de ce genre, il nous sera facile de juger la gigantesque opération qui se poursuit avec tant de lenteur à la porte de Paris.

Nous ne circonscrirons pas l'examen de cette question du puits artésien de Grenelle dans les limites étroites que lui assigne la foule. Nous ne nous bornerons pas à demander si les eaux de cette nouvelle source thermale reviendront bientôt à l'état de quasi-limpidité où nous les avons vues pendant quelques jours. Que pour le vulgaire la question du forage de Grenelle se réduise à ces termes : de l'eau claire ! de l'eau chaude ! rien de plus naturel. Le vulgaire ne peut voir, ne peut comprendre que les résultats matériels ; mais parmi les questions que soulève l'opération de Grenelle, il en est de plus sérieuses. D'importans problèmes scientifiques pourraient trouver leur solution dans cette vaste expérience, et c'est à l'examen de ces problèmes qu'il convient de donner toute notre attention.

Un pareil sujet présente, disons-le avant d'aller plus loin, de graves difficultés, surtout quand on veut l'étudier sans le secours des formes de raisonnement usitées par le monde savant, quand on veut substituer le langage familier à l'instrument si commode, si précis du calcul. Non-seulement la question du puits de Grenelle touche aux théories les plus élevées, les plus neuves, les plus épineuses de la physique du globe, aux problèmes les plus délicats de la géologie et de l'hydraulique souterraine, mais elle embrasse aussi une multitude de détails pratiques qui ont une

grande importance, et sur lesquels les ingénieurs sont cependant fort loin de s'accorder ; enfin, et c'est là le plus délicat, le plus pénible de la tâche de l'écrivain qui veut faire connaître l'état présent de ce grand travail, il lui est impossible d'être vrai, d'apprendre quelque chose au public, s'il craint de froisser l'amour-propre, très irritable, hélas ! de quelques hommes qui ont joué dans l'affaire du puits de Grenelle des rôles plus ou moins malheureux.

Si on s'étonnait de l'importance, de la valeur scientifique que j'attribue au puits de Grenelle, je rappellerais tout d'abord que c'est du monde savant qu'est partie l'impulsion la plus vive, la plus efficace, qui ait concouru à l'adoption de ce forage dans les conseils du gouvernement et de la ville. On manquait d'expériences convenablement faites sur la chaleur intérieure de la terre, sur cet accroissement de température qui, suivant un grand nombre de physiciens, va jusqu'au point de la fusion des métaux dans les régions centrales du globe. Pouvait-on rien souhaiter de plus propice à une telle investigation, qu'un sondage exécuté à Paris même, sous les yeux de l'Institut, qu'un sondage si favorable aux observations thermométriques faites simultanément à différentes profondeurs ?

Il fallait toute l'importance de cette question de philosophie naturelle pour décider les membres les plus instruits du conseil municipal et les ingénieurs de la ville de Paris à pousser tous ensemble à l'adoption du projet de forage dans l'abattoir de Grenelle. En effet, aucun d'eux ne pouvait dire à quelle profondeur il faudrait descendre dans la terre pour obtenir des eaux jaillissantes, et ils savaient que, passé une certaine limite, le puits deviendrait plus cher qu'une machine hydraulique bien entendue,

établie sur la Seine, et donnant la même quantité d'eau que le puits. Enfin ils ne devaient pas ignorer qu'on pouvait craindre l'un ou l'autre de ces deux résultats également fâcheux, ou la non ascension des eaux du puits, ou la venue d'eaux troubles impropres aux usages ordinaires des villes.

C'est donc une pensée scientifique qui a présidé à cette entreprise. Sans aucun doute, les besoins du service public des eaux, le zèle de quelques conseillers municipaux pour les intérêts de la cité, sont venus en aide à la science : nous dirons même, si on le veut, que cette dernière influence a joué ostensiblement le premier rôle ; mais, dans la réalité, ce rôle n'était que secondaire. Aussi, tant que s'est fait attendre l'éruption des eaux, éruption, comme on le verra, qui n'était rien moins qu'assurée, et qui n'eût peut-être pas eu lieu si on avait opéré sur un tout autre point de Paris ; tant qu'ont marché les travaux du forage, l'Institut, et avec lui le monde savant tout entier, n'ont vu dans ce travail qu'une grande et belle expérience de physique, noblement entreprise par le plus riche, par le plus libéral, par le plus éclairé des conseils municipaux de la France.

Àprésent que les eaux ont jailli, on déclare hautement au secrétariat de l'Institut et à l'Observatoire, comme à l'Hôtel-de-Ville, que le forage de Grenelle a été considéré dès l'origine comme un travail éminemment hydraulique, et que l'utilité dont il pouvait être pour les progrès de la physique n'a jamais eu qu'une importance secondaire. Du reste, on se glorifie également des solutions de l'un ou de l'autre problème, administratif ou scientifique ; on annonce que la première sera bientôt complète ; on affirme, comme un fait au-dessus de toute contestation, que la seconde ne laisse dès à présent rien à désirer ; on ajoute enfin

que toutes les mesures qui ont été prises sont conformes aux plus sages, aux plus sévères prescriptions de la science et de l'art ; en un mot, on se donne un bill complet d'indemnité. Pour nous, oubliant cette question du caractère primitif du forage de Grenelle, question que nous n'avons effleurée que par un scrupule d'historien, examinons l'entreprise dans son état présent, et voyons si les deux problèmes ont été résolus aussi bien qu'on le dit au public.

Pour mettre le lecteur à même de bien comprendre cette grande opération, il nous faut d'abord examiner le vaste bassin géologique dont Paris est comme le centre, et qui comprend une grande partie de la France.

Concevez une série de couches de terre, courbées en forme de soucoupes, c'est-à-dire plus épaisses au centre que sur les bords et légèrement concaves, emboîtées les unes dans les autres par ordre de grandeur ; tournez leur concavité vers le ciel ; logez enfin dans le creux de la couche supérieure une masse qui s'y moule et présente au ciel une surface irrégulière, là concave, ici convexe ; donnez à cet ensemble une largeur mille fois plus grande environ que son épaisseur centrale, et vous aurez une grossière image de la masse des terrains qui composent le bassin géologique de Paris. Afin d'avoir une idée plus exacte de l'ensemble de terrains qu'a traversés le sondage de Grenelle, il faut faire une large échancrure à cette masse sur une portion de ses bords, puis, au lieu de donner à chaque coupe une forme arrondie, pétrir l'ensemble de manière à rendre les contours irréguliers, et donner aux bords de chacune d'elles une grande épaisseur, du reste très inégale.

L'échancrure correspond à la partie des côtes océaniques de la France qui s'étend de Cherbourg à Calais : ce sont les flots de l'Océan qui ont fait eux-mêmes cette brèche qu'ils creusent chaque jour, à cause du peu de consistance et des formes abruptes des falaises de la haute Normandie. Paris, chose remarquable, est pour ainsi dire situé au milieu du sol de la couche la plus centrale, de sorte que les points les plus bas, les fonds de chacune des cavités formées par les couches ainsi emboîtées, sont tous à peu près sous cette ville.

Pour simplifier cette description géologique et faire comprendre facilement le mouvement des eaux souterraines qui affluent de tant de points de la France vers le fond du puits de Grenelle, réunissons en groupes séparés les petites couches plus ou moins semblables qui entrent dans ce système.

Nous distinguerons d'abord, au milieu et supérieurement, une masse de terrains plus ou moins friables, remplis de ces débris d'ossemens d'animaux si communs dans la butte Montmartre, et qu'ont amenés les derniers cataclysmes dont cette contrée a été indubitablement le théâtre : c'est l'ensemble des terrains que les géologues appellent terrains d'alluvion et terrains tertiaires. Ce groupe n'a qu'une épaisseur de 50 mètres environ. Au-dessous est une masse de craie plus ou moins mêlée de sables, de cailloux, et, par le bas, d'un peu d'argile. Cette masse paraîtra très profonde si on ne considère que son épaisseur, qui, sous Paris, est de 400 mètres à peu près, mais elle semblera plus mince que la plus mince soucoupe, si on compare son épaisseur avec l'étendue de sa surface.

La masse capsulaire située plus bas est formée d'argiles et de marnes, peu perméables, comme chacun le sait, et qui s'opposent

également au passage des eaux qui peuvent se trouver soit au-dessus soit au-dessous de cette couche. Nous rencontrons en traversant ces argiles une couche de sables verts très perméables, au contraire, aux masses liquides. Plus bas encore sont des couches plus denses, qui ne se laissent pas facilement pénétrer par les eaux mêlées aux sables verts. Ce sont d'abord les terrains qui renferment, entre autres richesses, les mines de plomb, de zinc, etc., et qu'on appelle oolitiques ; puis, au-dessous de ceux-ci, les terrains dits secondaires, où gisent les mines de houille et de sel. Enfin, tout cet ensemble repose sur des masses immenses de roches, tels que les granits de la Normandie.

Chacune des espèces de capsules concentriques que nous avons décrites, présentant ses bords au ciel, c'est l'ensemble de ces bords qui, avec le noyau central sur lequel reposent Paris, Orléans, Compiègne, etc., forme le sol même de la France, de sorte qu'en se dirigeant de Paris vers l'un des points de nos frontières, on trouve, les uns près les autres, ces bords des capsules, ces terrains qui, pour me servir du terme technique, affleurent à la surface du sol à une distance d'autant plus grande de Paris qu'ils remontent d'une plus grande profondeur. En d'autres termes, l'ordre dans lequel se présentent ces zones concentriques de terrains divers, à mesure qu'on s'éloigne du puits de Grenelle pour gagner les frontières, est celui dans lequel la sonde a dû les atteindre successivement.

Si nous cherchons en particulier la zone des sables verts à la surface de la France, nous la trouverons avec les argiles, au-delà des terrains de craie, et, en particulier, un peu plus loin que la Champagne pouilleuse. À Lusigny, par exemple, au-dessus de Troyes, on rencontre un sol formé de ces sables.

Il est manifeste que les eaux qui, par les pluies et les ruisseaux, sont amenées sur ce terrain poreux, s'y infiltrent tout aussitôt et descendent ainsi jusqu'au fond de la capsule que forme cette couche de sable. Si vous forez un puits à Paris, vous atteindrez nécessairement ces eaux ; il ne reste donc plus qu'à montrer comment on a pu reconnaître à priori, même avant tout sondage, la hauteur à laquelle les eaux devaient jaillir à travers le trou de sonde.

Que les eaux pussent jaillir au-dessus du sol de l'abattoir de Grenelle, c'est là ce qu'on devait espérer, puisque les mesures prises par les géographes nous apprennent que la couche des sables vient affleurer en des points plus élevés que Paris, à Lusigny, par exemple ; mais, s'il s'agissait de déterminer à priori la hauteur maximum que pourrait atteindre le jet, la difficulté restait à peu près insurmontable. Il ne suffit pas, en effet, pour calculer à l'avance la hauteur à laquelle pourront s'élever des eaux empruntées à une nappe souterraine, de tenir compte de l'attraction de la terre sur ces eaux ; il faudra encore savoir estimer l'attraction particulière qu'exercent sur ces eaux les montagnes, les plateaux plus ou moins élevés d'où elles descendent, les masses continentales qu'elles traversent ; il faudra même, pour les lieux situés dans le voisinage des mers, apprécier l'influence des marées, car le flot qui s'élève apporte aussi sa puissance attractive, faible, il est vrai, dans le phénomène.

En appliquant ces principes à la question spéciale du puits de Grenelle, nous dirons que personne n'a pu donner à l'avance, d'une manière précise, le chiffre de l'élévation maximum que peuvent atteindre les eaux. On a bien pu constater que les points du sol de la France, tels que Lusigny, où s'infiltrent les eaux dans

la terre, sont plus élevés que Paris ; mais dire de combien les eaux auraient pu s'élever au dessus de la surface du sol, c'était chose impossible pour les physiciens et les géologues qui ont attaqué cette question.

C'est à l'année 1833 que remonte le commencement du forage de Grenelle. On ignorait alors à quelle profondeur serait atteinte la nappe d'eau logée dans les sables verts dont les fontaines jaillissantes d'Elbeuf, de Tours, de Rouen, indiquaient déjà l'existence. Cette incertitude devait, ce nous semble, rendre plus défiantes les personnes chargées d'exécuter et de surveiller le forage de Grenelle ; elle leur commandait d'opérer dès l'abord sur un diamètre assez large pour ne pas craindre ce rétrécissement graduel des tubes de retenue des terres dont nous avons parlé. Malheureusement on opéra tout d'abord comme si les eaux allaient être atteintes à une faible profondeur, et bientôt les tubes inférieurs furent trop petits pour laisser passer et descendre plus bas la sonde. On retira donc les tubes, et on élargit le trou de haut en bas, en replaçant des tuyaux plus larges mais le remède n'était pas suffisant, et, après avoir prolongé le forage un peu plus loin, on fut arrêté une seconde fois par un obstacle semblable. Alors nouvelle extraction des tubes, nouvel élargissement général du puits et sans plus de succès. Croirait-on qu'un semblable remaniement s'est reproduit jusqu'à cinq fois dans le forage de Grenelle ? À cette cause de retard et de perte d'argent il faut ajouter les chutes d'outils au fond du puits, les ruptures d'appareils qui ont eu lieu à diverses reprises. On devine ce qu'il a fallu de temps et de peine pour retirer ou pour refouler latéralement dans les parois du trou ces outils, ces pièces isolées que ne pouvait plus ramener la sonde.

C'est ainsi qu'a traîné pendant huit ans cette opération de forage que des mains plus habiles ou armées de meilleurs instrumens eussent pu terminer en moins de trois ans. Il ne serait pas exact de mettre exclusivement sur le compte des accidens et des reprises générales dont nous venons de parler, la lenteur de cette opération ; il faut faire la part des lourds et peu maniables instrumens dont on a cru devoir se servir. La tige au bout de laquelle étaient emmanchés les outils qui travaillaient au fond du puits, était formée de barres de fer carrées ayant sur chaque côté plus d'un demi-décimètre, longues chacune de 8 mètres, et emmanchées les unes dans les autres. Le poids total de cet assemblage est, on l'a déjà vu, de plus de trente-un milliers. Joignez à cela les chaînes tout aussi massives qui servaient à la suspension de cette énorme tige, les rouages grossiers et les manéges aux rudes frottemens, et vous comprendrez la fatigue qu'éprouvaient les huit chevaux qu'il fallait atteler au manége dans les derniers temps de l'opération.

Le forage de Cessingen, dont nous avons parlé, n'a demandé que le concours de six manœuvres marchant dans une roue de carrière, et ce travail n'a duré que neuf cents jours. L'action de ces six manœuvres n'équivaut pas tout-à-fait à celle d'un cheval ; les neuf cents jours ne sont pas la moitié du temps qu'a dévoré le forage de Grenelle. Faut-il conclure de ce rapprochement que nous sommes, en fait de sondages, inférieurs à nos voisins ? Loin de là, la France ne manque ni d'ingénieurs instruits, ni de praticiens expérimentés dans cet art ; seulement ces hommes n'ont pu mettre la main au forage de Grenelle. Ouvrez un concours pour un nouveau forage d'une égale importance, laissez aux entrepreneurs un peu de cette liberté d'action si nécessaire aux hommes forts, ne leur proposez que des conditions acceptables, et vous

verrez entre leurs mains la sonde descendre à de bien autres profondeurs et avec une tout autre vitesse.

Après tous les accidens, après tous les retards qu'avait éprouvés le forage, il semblait permis d'espérer qu'avertis par tant de cruelles expériences, les directeurs du forage de Grenelle allaient prendre toutes les précautions d'usage pour préparer une régulière ascension des eaux ; mais il était écrit que cette espérance serait encore déçue. La précaution la plus essentielle, la plus familière aux sondeurs, est sans contredit l'emploi des tubes qu'on emploie pour retenir les terres, pour protéger les parois du puits contre l'action des eaux qui tendent à les faire ébouler, à former avec elles une boue plus ou moins épaisse, et qui peuvent même fermer ainsi le passage en comblant plus ou moins exactement le puits. Telle est l'importance de cette condition de succès, qu'il est, nous l'avons dit, des sondeurs qui font toujours descendre ces tubes de retenue à mesure que le forage avance, de manière à ce qu'il y ait tout au plus un seul pied de distance entre le bas de ces tubes et le fond du puits. Or, il faut que l'on sache qu'au moment où le forage de Grenelle a atteint la nappe d'eau jaillissante, les quarante derniers mètres, à partir du fond du puits, n'étaient pas encore tubés. On était alors dans la région des argiles déjà plus ou moins mêlées de sable, c'est-à-dire dans un terrain malheureusement trop sujet aux éboulemens ; on a continué le travail comme on l'eût fait loin des eaux, en pleine roche, et, quand ces eaux ont fait éruption, elles ont labouré, déchiré les parois si tendres, si meubles, elles ont creusé en voûte la partie inférieure du puits ; enfin elles se sont salies de tous ces débris de la masse argileuse auxquels s'est joint le sable vert de la couche dans laquelle existait la nappe d'eau.

Peut être, pour atténuer la faute qu'ils ont commise, les directeurs du forage de Grenelle objecteront-ils que, même avec un tubage poussé jusqu'au fond du puits, les eaux seraient venues troubles ; peut-être diront-ils que cette absence de limpidité est due tout autant aux particules de la couche sableuse à demi fluide qu'avait atteinte la sonde, qu'aux débris qui proviennent de l'éboulement causé par l'absence du tube ; mais on leur répliquera que le sable seul, sans les argiles, donnerait des eaux plus faciles à clarifier, moins louches surtout, et que d'ailleurs rien ne prouve qu'en faisant descendre un peu plus bas le tube, au milieu des sables même, on n'eût obtenu des eaux limpides au bout de quelque temps. L'exemple des nombreux puits forés de la Touraine, de ceux d'Elbeuf, de Rouen, qui atteignent la même couche sableuse, n'est-il pas une présomption des plus fortes en faveur de la dernière opinion ?

Telle est la quantité de sables argileux qu'a vomis pendant un an le puits de Grenelle, qu'il a fallu souvent employer une brigade d'ouvriers et de tombereaux pour curer l'égout de l'abattoir. En n'opérant qu'incomplètement ce curage, en laissant le torrent d'eau tiède entraîner vers la Seine une grande partie des sables, des argiles qui sortaient du puits, on a dépensé plus de 12,000 francs depuis le mois de mars de l'année dernière. Mais il reste à nettoyer complètement les égouts qui, sur une grande longueur, sont encombrés d'une couche qui a près d'un mètre de hauteur. Il reste aussi à nettoyer le lit de la rivière, où s'est formée une barre qui peut, en été, nuire à la navigation. Si l'on tient compte de ce surcroît de frais, on trouvera que la dépense annuelle de ce curage représente la rente d'un capital de près de 300,000 francs, c'est-à-dire d'un capital supérieur à celui que demanderait la compagnie de la sonde française ou la société De-

gousée, pour creuser un puits semblable à celui de Grenelle. Si la masse de sables n'avait pas été successivement enlevée, les bâtimens voisins de l'abattoir eussent disparu bientôt sous la montagne qui se serait formée tout autour de ce cratère boueux.

Des dangers d'une autre nature sont nés de cette absence de tubage dans la région inférieure du puits. Hâtons-nous de dire que nous ne voulons pas faire allusion à ces craintes populaires que M. le secrétaire de l'Académie des sciences s'est amusé à combattre en séance publique, et qui assignent pour terme à l'accroissement progressif de la caverne qui se creuse incessamment sous le puits de Grenelle l'affaissement d'une partie du sol de Paris. Les dangers que nous apercevons ne sont que trop réels, et l'un d'eux s'est réalisé tout dernièrement.

On sait qu'outre le tube en tôle qui sert à retenir les parois du puits, on a inséré, suivant l'usage, un autre tube intérieur plus durable, plus étanche, d'un diamètre partout le même, à surface bien lisse, et qui ne laisse aucun passage à l'eau. Or, comme chacun le sait aussi, les ouvriers occupés à cette introduction du tube intérieur se sont aperçus un beau matin que la partie déjà insérée s'était déformée pendant la nuit, et que le jet de l'eau avait diminué. On a reconnu, à l'aide de la sonde, qu'il y avait aplatissement du tube interne ; on a arraché ce tube par morceaux, et, inspection faite de ces fragmens, il est devenu fort probable que ce nouvel accident provenait de l'absence du tubage dans la partie inférieure du puits. M. Arago a voulu expliquer cet aplatissement par la chute d'un amas de sables qui, amené par les eaux, s'était interposé dans l'espace qui séparait le tube en cuivre du tube extérieur en tôle, mais on lui a fait remarquer que ce choc aurait dû projeter en même temps l'eau contenue dans le tube à une

grande hauteur, et qu'un tel effort était hors de proportion avec la cause.

Un savant que l'on cite pour ses belles recherches sur l'hydraulique, et qui soutient dignement l'honneur d'un nom illustré par tant d'ingénieurs, M. de Caligny, a expliqué le fait par un affaissement subit du fond sur lequel coulent les eaux qui alimentent le puits de Grenelle, ou par un dégagement de gaz amassés aux environs de l'orifice inférieur de ce puits, et qui se seraient engagés dans ce tube. De l'une ou de l'autre de ces deux causes résulterait, on le comprend, un abaissement subit de la colonne d'eau ascendante. Le tube en cuivre ne serait donc plus pressé du dedans au dehors, et l'eau boueuse qui l'entoure devrait alors l'aplatir tout aussitôt. Cette explication est fort plausible, et nous ne concevons pas qu'elle n'ait pas été indiquée dans le compte-rendu des séances de l'Académie. Ce silence ne saurait, évidemment, provenir de l'opposition qui existe entre cette manière de voir et celle du secrétaire perpétuel. D'autres explications du même phénomène ont été données, mais elles ont toutes leur côté faible, et nous les passerons sous silence.

De l'explication présentée par M. de Caligny résultait l'indication du moyen à employer pour prévenir un nouvel aplatissement du tube intérieur qu'on allait substituer à celui qu'on venait d'extraire. Il fallait donner à ce tube une épaisseur proportionnée à la pression qui pouvait le déformer encore une fois. L'ancien tube en cuivre ne pouvait résister qu'à dix atmosphères ; le nouveau pourra en supporter soixante-dix ; au lieu de cuivre, on emploiera le fer battu.

Nous avons dit qu'au-delà d'une certaine profondeur, les frais d'établissement du puits de Grenelle pourraient être supérieurs à

ceux d'une machine hydraulique établie sur la Seine. M. Arago ayant soutenu, devant l'Institut, une opinion contraire, nous devons dire un mot de cette importante question d'économie publique.

Si l'illustre secrétaire de l'Académie des Sciences s'était borné à parler d'un puits foré avec intelligence, avec rapidité, avec des outils convenables, nous aurions hésité un moment, et nous en aurions appelé aux chiffres pour terminer notre incertitude ; mais c'est du puits de Grenelle que M. Arago a voulu parler. — Or, à combien reviendrait un établissement hydraulique installé convenablement sur la Seine ? Je ne parle pas des vieilles machines du pont Notre-Dame, mais de roues plongeant sous l'eau, et fonctionnant en toute saison, même sous la glace, comme les turbines, naguère tant préconisées. Que coûterait, dis-je, un établissement capable de fournir, comme le puits de Grenelle, 15 hectolitres d'eau par minute, à la hauteur de 27 mètres au-dessus du sol ? Environ 250,000 francs. Si l'on joint à ce chiffre le capital représentatif des réparations annuelles et de l'amortissement, on arrivera à la somme de 300,000 francs. On voit donc qu'il s'en faudrait de 200,000 francs que cette machine hydraulique fût aussi chère que le puits du conseil municipal. — Remarquons, en outre, que, placée au centre de Paris et plus haut que l'abattoir de Grenelle, cette machine demanderait moins de tuyaux de distribution pour répandre l'eau dans toute la ville.

Il est un système de puits bien plus économique encore, dans certains cas, que ceux dont nous avons parlé jusqu'ici, un système que M. Arago aurait pu opposer avec avantage à celui des machines hydrauliques sur la Seine et que je lui rappellerai. Un puits de cette sorte, creusé dans un terrain semblable à celui de

Grenelle et à la même profondeur (548 mètres), ne coûterait que 200,000 fr., y compris l'épuisement des eaux pendant le travail, et produirait de bien autres avantages que ceux qu'on attend du forage effectué. Ce puits donnerait beaucoup plus d'eau qu'il n'en jaillit actuellement dans l'abattoir de Grenelle ; il permettrait d'arrêter, au fond même du trou, à l'aide de quelques dispositions fort simples, les matières qui troublent la pureté de cette source artificielle, et il rendrait en outre d'autres services qu'il serait trop long d'examiner ici. — Ces puits sont tout simplement les puits à large ouverture, les puits plus ou moins profonds des mines dans lesquelles d'énormes machines à vapeur font circuler à l'aise ces masses de richesses minérales que notre industrie va chercher dans le sein de la terre à une profondeur égale à celle du forage de Grenelle. Les renseignemens suivans justifieront cette assertion que bien des lecteurs prendront peut-être pour un paradoxe. Dans les houillères d'Anzin, situées sur la frontière belge de la France, un puits ne coûte que cent et quelques mille francs, bien qu'il faille, pour atteindre le charbon, traverser une nappe d'eau qui entraîne souvent de grands frais d'épuisement, et dont on ne peut empêcher l'écoulement direct dans le puits qu'en le revêtant, à la hauteur de cette nappe, de parois disposées avec beaucoup d'art, mais aussi fort coûteuses. En Belgique, où se voient des puits de 500 mètres, c'est encore une dépense de 100,000 francs pour atteindre à cette profondeur, c'est-à-dire de 200 francs par mètre.

On sait que ces puits de mines se revêtent le plus souvent en bois ou en briques. La brique est tout à la fois peu coûteuse et facile à employer ; elle résiste bien à la poussée des terres, surtout si elle a été faite dans des moules spéciaux qui lui donnent la forme de ce qu'on appelle des voussoirs, c'est-à-dire si elle va en

s'élargissant de manière à former naturellement des cintres, des voûtes, par l'exacte juxta-position des matériaux. Dans certaines contrées de la France, le millier de briques ordinaires ne coûte que 8 francs. Mais, dira-t-on, vous mettez Paris sur la même ligne que des localités où la main-d'œuvre et les matériaux sont bien moins chers. Ces puits, établis pour 100,000 francs à Anzin, à Liége, coûteront ici le double au moins. Soit ; mais il est une cause de compensation : ces puits de mines ont tous une largeur énorme, 3 mètres et plus, dont nous n'aurions ici que faire. Réduisons cette largeur à la moitié, 1 mètre 1/2 ; la quantité de briques et de bois nécessaires au revêtement du puits sera ainsi réduite de moitié, et en même temps la quantité de terres à extraire ne sera plus que le quart de l'ancienne. La main-d'œuvre, il est vrai, ne diminuera pas dans la même proportion ; cependant, tout bien considéré, le coût total ne saurait dépasser une centaine de mille francs, en supposant même qu'on suivît les erremens actuels des mineurs, et en admettant qu'on n'introduisît pas dans le mode de creusement certaines modifications utiles qu'indique la raison et dont nous parlerons plus bas. La dépense relative à l'épuisement et à l'aérage ne serait environ que de 100,000 francs, attendu la nature du terrain à traverser.

Puisque nous venons de parler des puits ordinaires, nous devons aussi rappeler un genre particulier de revêtement plus coûteux, mais plus avantageux, qui arrête très bien les eaux et se pose rapidement. C'est le revêtement en larges manchons de fonte. En Angleterre, où ce système est assez répandu, on fait souvent ces manchons d'une seule pièce quand le puits ne va qu'à deux mètres de largeur. Pour de plus grandes dimensions, les anneaux sont formés de plusieurs pièces qu'unissent solidement de vigoureux écrous. On peut traverser ainsi des couches de sables

mêlées d'une si forte proportion d'eau, qu'elles forment avec elles comme un tout liquide ; c'est à peine si quelques gouttes passeraient au travers de ce cuvelage en fonte.

On s'imagine, au premier abord, qu'en appliquant ce genre de tubage dans toute la hauteur d'un puits tel que celui de Grenelle, on atteindrait un chiffre de dépense déraisonnable. Si on voulait bien calculer la masse de fonte qu'absorberait le tubage d'un puits qui aurait 1 mètre et 1/2 de largeur, on trouverait le poids fort peu effrayant de 200 milliers, qui, au prix de 300 à 400 fr., coûteraient de 60 à 80,000 francs. Mais ce serait là une œuvre de luxe fort inutile dans le terrain de Paris, qui, formé presque entièrement de craie, ne contient que très peu d'eau, du moins quand on n'atteint pas la couche profonde des sables verts d'où jaillit la fontaine de Grenelle.

En comparant les puits à large ouverture au forage à petit diamètre, j'ai supposé que ces puits seraient creusés d'après l'ancien système, c'est-à-dire que des ouvriers placés au fond du puits entameraient, à l'aide d'outils, les terrains plus ou moins mous, plus ou moins mobiles, et attaqueraient les rochers à l'aide de la poudre ; en un mot, je me suis renfermé dans le domaine des faits connus de la pratique la plus vulgaire. Je vais maintenant franchir la limite qui sépare ce domaine de celui des projets nouveaux.

Un de nos ingénieurs les plus instruits, qui occupe une position élevée dans l'École royale des mines, ne serait pas éloigné de conseiller une révolution presque radicale dans ces forages à grande ouverture. Il proposerait de remplacer la poudre qui est si chère, et dont l'effet est si incertain, par de puissans outils d'acier, dont les uns concasseraient les rochers par la percussion,

et dont les autres creuseraient le puits sur la circonférence. Tous ces outils gigantesques seraient mus par une machine à vapeur installée à l'orifice même du puits. Il ne faudrait au fond du puits qu'un ou deux ouvriers, dont la mission serait de guider les outils, de les changer au besoin, sans qu'il fût nécessaire de remonter tout l'attirail des tiges jusqu'au sol, comme cela se fait dans le sondage ordinaire. Les mêmes ouvriers placeraient les débris de rochers, les sables, les argiles, etc., dans de petites tonnes destinées à remonter ces débris jusqu'à la surface, et, pendant que ces déblais seraient enlevés, le creusement du puits ne serait pas interrompu.

Àl'appui de son système, l'auteur cite le moyen aussi simple qu'ingénieux qu'emploient les Américains pour creuser le lit des rivières dans les endroits où des roches, s'élevant dans ce lit à une trop grande hauteur, occasionnent ce que nous appelons des rapides. Ce moyen consiste à faire battre sans cesse les roches par des pilons à tête d'acier, que font mouvoir des roues à aubes, portées avec les pilons sur un bateau amarré au rivage voisin. Jamais mineur logé dans une cloche à plongeur ou dans un bateau sous-marin ne pourrait, avec la poudre, opérer aussi promptement et d'une manière aussi économique.

Il va sans dire que, dans ce système mixte, entrerait l'emploi de l'appareil imaginé récemment par les Anglais, et qui a pour objet d'empêcher les chutes des tonnes dans les puits des mines, lorsque vient à casser la corde à laquelle ces tonnes sont suspendues. Une invention aussi précieuse devrait être adoptée dans toutes les mines ; non-seulement elle éviterait les pertes, les dégâts qu'entraîne la chute des tonnes, mais, ce qui est bien autrement important, elle préserverait d'un danger, qui n'est que trop

réel, les ouvriers placés au fond du puits et ceux qui se servent des tonnes pour monter ou pour descendre.

Puisque nous sommes dans le vaste champ des projets, on nous permettra de dire deux mots d'un système de forage qui tiendrait lui-même le milieu entre le forage mixte que nous venons de décrire et les forages artésiens proprement dits. Ce système serait un forage artésien à grand diamètre dans lequel le creusement ne serait jamais arrêté par l'enlèvement des déblais. On conçoit qu'il serait possible de faire marcher de front ces deux opérations qui sont successives dans les forages ordinaires, c'est-à-dire de trouver place, au fond du puits, pour des outils qui creuseraient toujours sans jamais remonter, et pour ceux qui, recevant le produit du travail des premiers, le remonteraient jusqu'au sol.

Après avoir examiné la question d'art et d'hydraulique qui se rattache au forage de Grenelle, il me reste à discuter le problème scientifique à la solution duquel devait conduire ce grand travail.

Il s'agissait, on se le rappelle, quand le puits de Grenelle a été entrepris, de profiter de cette circonstance pour déterminer la loi suivant laquelle s'accroît la température dans l'intérieur de la terre à mesure qu'on s'y enfonce plus profondément. Il n'a été donné qu'à deux savans de suivre toute la série des observations que nécessitait cette recherche. L'un est le célèbre académicien dont nous avons parlé plusieurs fois dans ce travail ; l'autre est M. Walferdin, qui s'est fait un nom par ses recherches géologiques et thermométriques. D'autres observateurs auraient désiré faire à part de nouvelles expériences pour les comparer à celles de ces deux savans, mais on assure que la porte de l'atelier de Grenelle ne s'est pas ouverte pour eux. Nous devons regretter

d'autant plus vivement cette absence de coopération, que les résultats obtenus par MM. Arago et Walferdin paraissent incomplets à un certain nombre de savans, et qu'on a même cru voir dans la manière d'opérer de ces deux physiciens l'oubli le plus étrange des grandes lois qui régissent l'état thermal de notre planète.

Fourier, de savante mémoire, qui fut, lui aussi, pendant longtemps secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Fourier a le premier coordonné, dans son grand traité mathématique de la chaleur, les principes relatifs à l'état calorifique du globe. Négligeant les faibles différences que présentent les diverses matières qui composent l'écorce terrestre, dans leur manière de propager la chaleur, Fourier a montré que la température devait croître dans notre planète proportionnellement à la profondeur. Mais Fourier négligeait deux causes qui modifient singulièrement cette loi ; ces causes sont l'action des eaux et de l'air qui pénètrent dans la croûte du globe jusqu'à une assez grande distance, et qui, par leur mobilité, transportant la chaleur de bas en haut, troublent très sensiblement l'état de chaque couche. Les physiciens qui se sont occupés, après Tourier, de la chaleur du globe, soit d'une manière théorique, soit expérimentalement, ont tous, à l'exception d'un seul, négligé d'apprécier cette double influence, et, dans ses expériences sur le puits de Grenelle, M. Arago n'a pas mieux fait que les autres ; il avait touché d'abord ce point délicat, mais il semble ne pas l'avoir vu nettement, et il ne l'a pas soumis au calcul.

La distance de la surface de la terre à son centre étant six mille fois plus grande que la hauteur des puits les plus profonds qu'ait jusqu'ici creusés l'industrie humaine, on ne peut juger de la dis-

tribution générale de la chaleur dans toute l'épaisseur du globe par l'état de la mince écorce que nous avons entamée. Cet état moyen de l'enveloppe terrestre est l'effet combiné des eaux, de l'air et de la partie solide de la terre ; il faut donc apprécier l'action séparée de l'eau et de l'air, en partant des connaissances que nous ont acquises les travaux de plus illustres physiciens ; puis, distinguant dans l'effet mixte des trois influences ce qui appartient à ces deux fluides, il faut ensuite calculer quel serait l'état de la partie solide prise seule. Ce résultat une fois obtenu, il restera plus tard à chercher s'il s'applique aussi aux profondeurs du globe que l'homme n'a pu atteindre, à ces roches, à ces métaux dont les masses condensées ne sont pénétrées ni par les eaux ni par l'air.

Dans la question particulière du puits de Grenelle, il fallait tenir compte d'abord des eaux qui, dès l'origine du forage, ont constamment rempli le trou de sonde, et dans lesquelles ont été plongés les thermomètres qui devaient indiquer le degré de chaleur des couches terrestres plus ou moins profondes. M. Arago, qui, comme tout le monde, savait que dans une masse liquide chauffée par en bas il peut s'établir des courans ascendans d'eau chaude et des courans descendans d'eau froide, M. Arago a dit d'abord que de tels courans avaient probablement lieu dans le puits et devaient en réchauffer les parties supérieures aux dépens du fond, mais il n'a pas été plus loin. Se bornant à prendre de temps à autre la température de l'eau dans le fond, à mesure qu'avançait le forage, il a cru ou laissé croire, chaque fois qu'il annonçait à l'Académie les nombres observés, que ces températures étaient celles des couches correspondantes de la terre.

Un savant déjà célèbre, bien qu'il n'ait pas de fauteuil à l'Académie, et qui a lutté plus d'une fois avec l'illustre secrétaire de cette compagnie, M. Saigey, a le premier comblé la lacune dont nous venons de parler. Omettant d'abord l'influence de l'air sur l'écorce terrestre, il a supputé celle de la colonne d'eau des puits artésiens (avant le jaillissement, bien entendu), et il a pu, grace à cette correction difficile, donner une première évaluation de l'accroissement de la chaleur souterraine, en s'appuyant sur des observations mieux dirigées que celles de MM. Arago et Walferdin.

Dans la théorie nouvelle, sur laquelle repose cette première approximation, il est essentiel que les observations de température faites à diverses profondeurs soient simultanées. Or MM. Arago et Walferdin n'ont jamais satisfait à cette condition ; ils ont observé successivement à 248 mètres, à 298, à 400, à 505, etc., mais à des époques fort éloignées. Aussi leurs nombres n'ont-ils pu donner qu'un résultat douteux, et ne peut-on leur appliquer utilement la correction dont j'ai parlé plus haut.

Un physicien plus soigneux, M. de Larive, de Genève, a observé la règle négligée par MM. Arago et Walferdin ; malheureusement, le puits dans lequel il a expérimenté n'est pas, par sa profondeur, aussi favorable à ce genre de recherches. Quoi qu'il en soit, les nombres fournis par cet exemple donnent, quand on les soumet à la théorie dont j'ai parlé tout à l'heure, 26 mètres environ pour un degré d'accroissement dans la température, c'est-à-dire qu'il faut s'enfoncer de 26 mètres dans la terre pour que le thermomètre s'élève de 1 degré. Pareil résultat se déduit d'observations faites avec plus d'exactitude encore par M. Magnus de Berlin, dans un puits artésien, sur la rive droite de l'Elbe, à Pitzpuhl, près de Magdebourg. M. Magnus est, on le sait, l'inventeur

de ces thermomètres ingénieux à l'aide desquels nous savons aujourd'hui mesurer dans les profondeurs des mers, dans les lacs, dans les puits artésiens, le degré le plus grand de chaleur qu'ait pu atteindre telle ou telle couche.

Bien avant les expériences que je viens de rappeler, M. Cordier, l'ingénieur des mines, aujourd'hui membre de la chambre des pairs, avait réuni, dans un ouvrage remarquable, toutes les observations faites pour arriver au même but. En employant ces nombres conformément à la même théorie, on trouve également près de 26 mètres pour un degré. Tel serait donc le véritable chiffre de l'accroissement de la chaleur dans la masse solide de notre planète, s'il ne fallait en même temps tenir compte de l'action de l'air, qui, aussi bien que les eaux, pénètre dans l'écorce du globe et en modifie l'état.

En calculant cet effet aussi rigoureusement que possible, on trouve que, partout où l'air peut pénétrer, circuler librement, dans les mines à puits nombreux, dans les carrières, dans les caves les plus profondes, telles que celle de l'Observatoire de Paris, on trouve, dis-je, que l'air empêche la température de la terre de s'élever de plus d'un degré par 28 ou par 29 mètres. Partout, au contraire, où l'air n'a pas un libre accès, où il ne peut se mouvoir de manière à laver pour ainsi dire les couches terrestres, son action refroidissante sera nécessairement beaucoup moindre, et il ne faudra plus descendre de 28 ou 29 mètres pour observer un degré de plus en température. En pénétrant plus avant dans les entrailles de la terre, là où l'air s'introduit à peine, la progression sera évidemment plus rapide encore. Or, dans l'écorce terrestre où agit l'action réfrigérante incomplète de l'air, il faut descendre de 26 mètres environ, pour trouver un degré de plus ; donc le

chiffre qui représente le véritable état de la masse du globe, le chiffre que recherchaient depuis si long-temps M. Arago et tous les physiciens qui s'occupent de la chaleur de la terre, serait inférieur à 26 mètres.

Le rapprochement que nous venons de faire entre l'ensemble des incomplètes observations de MM. Arago et Walferdin et la théorie si étendue, si précise, de M. Saigey, ne prouve que trop clairement qu'on n'a pas su tirer du forage de Grenelle le parti qu'on en attendait pour le progrès de la physique du globe. Absence de simultanéité dans les observations thermométriques faites à diverses profondeurs, mauvaise interprétation de ces observations, absence de tout calcul sur l'action perturbatrice des eaux, ignorance très pardonnable, puisqu'elle était générale, de l'action perturbatrice de l'air qui pénètre le globe, tels sont, en résumé, quelques-uns des points sur lesquels M. Arago s'est laissé prendre en défaut par son habile adversaire.

Maintenant que le puits de Grenelle donne des eaux jaillissantes, il est peu probable qu'il soit désormais permis d'observer la chaleur du globe dans cette longue colonne fluide ramenée à l'état de repos où nous l'avons vue. Le jet liquide ne peut, par sa température de 27 degrés, que faire connaître l'ensemble de toutes les actions calorifiques de tous les points du canal souterrain plus ou moins large par lequel nous arrivent les eaux ; or, cette indication, qu'on ne confondra pas avec la température du fond du puits, ne saurait remplacer les observations qu'on aurait dû faire avant le jaillissement.

Avouons-le donc en toute humilité, quelque peu flatteur que soit cet aveu pour l'amour-propre national, les directeurs du forage de Grenelle n'ont su traiter convenablement ni la question

industrielle ni la question de physique qu'ils avaient si intrépidement abordées. S'ils ont voulu faire une expérience de physique, cette expérience, fort chère, a été mal dirigée et n'a rien appris de nouveau. S'ils ont voulu, comme ils l'affirment sans cesse, doter la ville de Paris d'un immense appareil hydraulique, et faire un excellent placement d'argent, pour voir comment ils ont réussi, on n'a qu'à aller visiter le puits de Grenelle. Nous l'avons déjà dit, la dépense nécessaire pour enlever les boues que vomit ce puits représente un capital supérieur à ce que coûterait une machine hydraulique destinée à tirer de la Seine une masse d'eau supérieure à celle qui surgit à Grenelle. Et cependant il ne faut pas se décourager. Les puits artésiens offrent de nombreux avantages dont la science et l'industrie sauront tirer parti : on les emploie déjà pour les mines, pour le desséchement des marais, dans les manufactures. Bientôt l'Algérie réclamera des puits forés. Il est donc nécessaire d'encourager les progrès de cet art difficile. Les ingénieurs habiles ne manquent pas chez nous. Si la ville de Paris se décide à faire exécuter un nouveau sondage, il est à croire que nous serons plus heureux ; les hommes capables ne manqueront pas au conseil municipal ; il saura sans doute où les trouver.

*****

Sources et licence

Texte : https://fr.wikisource.org/wiki/Les_Puits_art%C3%A9siens_-_Le_puits_de_Grenelle. Domaine public ; transcription Wikisource CC BY-SA 4.0. Mise en forme : liregratuitement.com. Tout ce que nous ajoutons reste libre.