

LEÇONS

SUR LÉS

NAPPES AQUIFÈRES DU NORD DE LA FRANCE

professées par M. J. Gosselet

à la Faculté des Sciences de Lille en 1886-87 (1).

1^{re} LEÇON.

Messieurs,

J'ai pris cette année, pour sujet de mon cours de Géologie générale, les effets géogéniques de l'eau, c'est-à-dire le rôle que l'eau a joué pendant les temps géologiques et celui qu'elle joue encore dans l'édition du sol et dans les modifications des roches déjà formées.

Voici un morceau de grès provenant des fossés de la fortification de Lille ; il est rempli de coquilles marines (*Cyprina planata*). Nous en concluons qu'il s'est formé au sein de la mer.

Voilà un morceau d'argile tourbeuse retiré des fouilles de la rue Nationale ; il est rempli de coquilles d'eau douce : Lymnées, Planorbes, Succinées. Tout le monde le reconnaîtra pour de la boue déposée dans un marais, où vivaient ces mollusques.

L'eau de mer et l'eau douce ont donc contribué à la formation du sol de Lille.

Nous disons que les roches, que vous venez de voir, sont de formation aqueuse. Au commencement de ce siècle, lorsque l'esprit public était tout imprégné de la mythologie antique, on qualifiait volontiers les divers agents naturels du nom du dieu olympien qui les personnifiait. On eût dit que l'argile de la rue Nationale était de formation *nymphéenne* et le grès des fortifications de formation *neptunienne* ou *tritonienne*.

Ces deux roches, argile et grès, sont composées de particules solides, qui étaient en suspension dans l'eau et qui avaient été arrachées à un sol plus ancien, soit par les vagues venant battre contre la côte, soit par la pluie ruisselant sur le continent.

(1) Extrait, avec l'autorisation de l'auteur, des *Annales de la Société Géologique du Nord*. Tome XIV, 1886-1887, pp. 249-306. (Lille.)

Mais l'eau agit autrement que comme facteur mécanique ; elle dissout un grand nombre de substances et peut ainsi les transporter d'un lieu dans un autre. Si vous analysez cette eau d'Emmerin, qui vous paraît si limpide, vous constaterez qu'elle renferme un grand nombre de substances : chaux, potasse, soude, magnésie, acide carbonique, chlore, acide sulfurique, etc. Il y a des eaux qui sont bien plus chargées de matières que celle d'Emmerin. Quand de telles eaux s'évaporent — et toute eau finit par s'évaporer — les matières qu'elles tenaient en dissolution se précipitent. Voilà un artichaud qui paraît pétrifié. On l'a mis dans une eau très chargée de carbonate de chaux, dissous à la faveur d'un excès d'acide carbonique. Par suite du dégagement de l'acide carbonique, le carbonate de chaux s'est précipité et chaque feuille s'est recouverte d'un enduit de carbonate de chaux ; on la croirait au premier abord changée en pierre ; mais on a brisé le fond et en retournant l'artichaud, on découvre que chaque feuille est conservée dans son étui de calcaire.

Un très grand nombre des matières qui constituent le sol ont passé ainsi par l'état de dissolution. C'est même ce rôle dissolvant de l'eau qui est de beaucoup le plus intéressant, et c'est celui que nous étudierons particulièrement cette année. Nous y trouverons l'origine des silex de la craie, du phosphate de chaux, de la dolomie, du gypse, du sel gemme, du minerai de fer, etc.

Le rôle de l'eau ne se borne pas à l'apport de matériaux nouveaux qui augmentent le sol ; elle est aussi un agent puissant de modification. Lorsque les eaux de pluie ou de source pénètrent dans la terre, il se fait des échanges de combinaison entre les substances qu'elles tiennent en dissolution et celles qu'elles rencontrent dans les couches déjà formées. Ainsi, comme les eaux de pluie sont chargées d'acide carbonique, elles dissolvent le carbonate de chaux des coquilles fossiles, contenues dans les couches qu'elles traversent. Dans notre grès de la fortification de Lille, les coquilles ont disparu, la place est vide ; on ne voit plus que les moules intérieurs et extérieurs. Voici une boule d'oxyde de fer que nous avons trouvée dans la craie, lorsqu'on a creusé le gazomètre de Wazemmes. C'était primitivement un nodule de pyrite (sulfure de fer). L'eau de pluie, chargée d'oxygène, a pénétré à travers la craie jusqu'à la pyrite ; elle l'a oxydée et l'a transformée en limonite.

Dans notre dernière excursion des Ardennes, nous avons vu au Franc-Bois de Willerzie des roches à structure cristalline presque porphyroïde. Je vous ai dit que c'étaient primitivement des arkoses, ou grès à gros grains, et qu'elles avaient acquis leur état actuel sous l'influence d'eau intérieure surchauffée par les mouvements du sol.

On désigne sous le nom de *métamorphisme*, les modifications éprouvées par les roches postérieurement à leur formation. Quand le métamorphisme a une cause extérieure, comme pour la pyrite, on peut l'appeler *exogène* ; il sera dit *endogène*, quand sa cause réside dans l'intérieur même du sol. Dans l'un et l'autre cas, l'eau est le véhicule le plus puissant de l'agent métamorphique.

Tels seront les principaux objets du cours de cette année. Mais j'ai pensé qu'il serait bon de commencer par le rôle de l'eau au point de vue de l'humanité. Il est bien entendu que je ne sortirai du cadre de cet enseignement, purement géologique, que pour vous faire entrevoir l'importance du sujet.

Les conseils que le public demande le plus souvent aux géologues se rapportent aux moyens de se procurer de l'eau. Je m'adresse spécialement à de futurs professeurs, qui doivent aller enseigner dans des endroits où les notions de géologie ne sont peut-être pas très répandues et cependant où l'on a le respect de la science. On viendra certainement vous demander des conseils pour creuser des puits, car dans le Nord du moins, on ne croit plus à la baguette de coudrier, quelle que soit la main qui la manie. Mettez-vous à même de donner ces conseils et suivez les travaux. Vous pouvez, tout en faisant avancer nos connaissances géologiques, rendre de grands services aux populations.

L'homme ne peut pas vivre sans eau, même dans les pays où l'on boit de la bière. Il lui en faut pour la cuisson des aliments, pour les bestiaux, pour les lavages, pour l'industrie, pour la fabrication même de la bière. Dans nos pays du Nord, les puits les plus importants ont été l'œuvre des brasseurs.

L'anglais Parker a fixé de la manière suivante la quantité d'eau nécessaire à un homme :

Cuisson des aliments	3 litres, 5
Boissons	1 — 5
Soins de propreté corporelle	22 — 5
" de l'habitation	13 — 5
Lessivage du linge.	13 — 5
Bains	36 —
Lavage des water-closets.	27 —
Pertes	12 — 5
Total	130

Il y a peut-être exagération sur plusieurs points. Ainsi pour ce qui concerne notre population, on n'envoie pas d'eau dans les water-closets, les agriculteurs s'en plaindraient ; on est loin d'en consommer

58 litres pour les bains et les autres soins de propreté corporelle ; mais la quantité attribuée aux boissons est insuffisante et celle qui est employée à laver les maisons dépasse de beaucoup le chiffre de Parker.

Anciennement, l'homme dépendait des sources et des cours d'eau. Dans le Cambrésis, pays de craie où les sources sont rares, les villages sont construits dans les vallées ; si vous apercevez un village, ou même une vieille ferme sur le plateau, vous pouvez être certain d'y trouver une source. Si un pays n'a pas de sources ou de cours d'eau, c'est un désert. En Afrique, dans le Sahara, ce sont les sources et les puits qui déterminent la création des oasis et la marche des caravanes.

Lorsque l'éminent administrateur, que nous avons tous connu et regretté, alla prendre la direction du gouvernement de la Tunisie, un de ses premiers soins fut de remédier au manque d'eau, qui rendait une grande partie du pays inhabitable. Il fit appel à un savant hydraulicien français, qui est en même temps un géologue expert, M. Dru, chef de l'ancienne maison Mûlot. M. Dru parcourut la Régence, le marteau à la main ; il reconnut dans la falaise une couche d'argile qui s'enfonçait sous le continent et il se dit qu'elle devait déterminer la formation d'une nappe aquifère. Installant ses instruments dans un endroit qu'il avait choisi, il se mit à creuser et au bout de quelques mois, obtint de l'eau ascendante, sinon jaillissante. Depuis lors les puits se multiplient. Si la Tunisie devient un jour un pays peuplé, c'est à lui qu'on le devra.

Les anciens Romains, pour qui les bains étaient de première nécessité, puisque Pline, en apprenant au cap Misène l'éruption du Vésuve, commença par se mettre dans le bain avant de prendre une décision, les Romains, dis-je, avaient besoin de beaucoup d'eau ; ils détournaient les cours d'eau, et amenaient les sources à grands frais dans leurs villes et jusque dans leurs camps. Les aqueducs de Rome sont assez célèbres pour que je n'aie pas besoin de vous en parler. Plus près de nous, la Rome des Nerviens, Bavai, avait fait venir les eaux de la source de Flourzies, près d'Avesnes, par un aqueduc dont on trouve des restes à St-Remy-Mal-Bâti.

Lors de la construction du chemin de fer de Valenciennes à Aulnoye, on a coupé un aqueduc caché à 6 mètres de profondeur. M. Cat, aujourd'hui professeur à l'École d'Enseignement supérieur d'Alger et alors simple élève au collège du Quesnoy, a reconnu qu'il amenait l'eau du Rogneau au camp de Famars.

Rien de plus intéressant que de voir les difficultés avec lesquelles se trouve aux prises une grande ville comme Paris pour se procurer l'eau nécessaire.

A l'époque Romaine, il existait deux aqueducs, l'un venant de Chaillot au Palais Royal, l'autre amenant aux Thermes de Julien l'eau de la rivière de Rangis.

Lors des invasions barbares, tout fut détruit et, au moyen âge, on n'avait que l'eau des puits. Or, les puits étaient alors peu nombreux, parce que beaucoup eussent exigé une profondeur qu'on ne savait pas leur donner. Les habitants de Paris allaient chercher l'eau à la Seine, sauf quelques couvents qui pouvaient se procurer de l'eau de source. Les sources de Belleville étaient amenées à l'abbaye de Saint-Martin-des-Champs ; celles de Montmartre et de Romainville à la Léproserie Saint-Lazare et au couvent des Filles-Dieu. Philippe-Auguste les fit continuer jusqu'à la Fontaine des Innocents, à l'intérieur de la ville. Beaucoup plus tard, Louis XIII fit commencer l'aqueduc d'Arcueil pour amener sur la rive gauche l'eau de la rivière Rungis.

L'eau de Seine était portée à dos d'homme dans les maisons. Henri IV fit établir pour le service particulier du Louvre, la pompe de la Samaritaine, au Pont-Neuf. Au 18^e siècle, on construisit une pompe hydraulique au Pont Notre-Dame et plus tard des pompes à feu à Chaillot et au Gros Caillou.

Toutefois, l'eau de Seine n'est pas une boisson parfaite. Elle reçoit les ruisseaux qui ont traversé les terrains gypseux et qui contiennent du sulfate de chaux, dont la vertu laxative est bien connue. Enfin elle est l'exutoire naturel de tous les égouts de Paris. Néanmoins les Parisiens l'estimaient beaucoup. Il y a 30 ans ils n'en voulaient pas d'autre. Ce n'est pas sans peine que les savants hygiénistes purent leur faire accepter des eaux plus saines.

Deux problèmes étaient à résoudre : fournir de l'eau pure à Paris et lui enlever ses eaux d'égouts. Ce fut l'œuvre de Belgrand, œuvre de génie, dont la population de Paris ne pourrait lui être trop reconnaissante.

Pour se procurer de l'eau, on avait eu la pensée d'avoir recours aux nappes souterraines profondes. Les deux premiers forages de puits artésiens, ceux de Grenelle et de Passy réussirent, mais les autres échouèrent. D'ailleurs ces eaux souterraines ne pouvaient pas suffire aux besoins de la capitale et leur température élevée était un inconvénient. C'est alors que Belgrand résolut de doter Paris d'eaux de sources. Après une étude approfondie du bassin hydrographique de la Seine, il alla chercher les sources de la Vanne à 14 kilomètres à l'ouest de Troyes et celles de la Dhuis à Pargny. Il sépara les canaux de distribution des eaux de sources, qui seules doivent servir à l'alimentation, de ceux des eaux de rivière, qui sont destinées aux services publics et

aux usages industriels. Ces eaux de rivières comprennent non seulement l'eau de la Seine, mais aussi celle de la Marne et celle de l'Ourcq; cette dernière avait été dérivée précédemment pour alimenter le canal St-Denis. Quant à l'eau de Seine, une puissante machine établie au pont d'Ivry, en amont de la ville, l'envoie à un réservoir construit sur les hauteurs de Villejuif, d'où elle peut gagner par une pente naturelle les quartiers les plus élevés de la capitale.

Restait à débarrasser la Seine d'une partie de ses impuretés. Pour cela on construisit sur chaque rive un grand égout collecteur. Celui de la rive gauche passe sous la Seine par un siphon et tous deux vont se jeter dans le fleuve à Clichy. D'autres collecteurs qui traversent les quartiers excentriques de Belleville, la Villette, la Chapelle, vont joindre la Seine à St-Denis.

Tels sont les moyens employés par Paris pour répondre aux exigences de l'alimentation, de l'industrie et de l'hygiène. Toutes les villes importantes ont dû agir de même; elles ont dû renoncer à l'usage des puits domestiques, qui constituaient une menace permanente d'épidémie.

Si une certaine quantité d'eau est nécessaire à la santé, quand cette eau est contaminée, elle peut créer de sérieux dangers. On admet que beaucoup de maladies ont pour origine des microbes qui vivent dans l'air et surtout dans l'eau. L'eau serait donc le principal véhicule des microbes qui engendrent les épidémies.

Lors d'une épidémie cholérique qui sévit à Londres, on remarqua que les quartiers pauvres, qui puisaient leur eau en aval de la ville, dans ce qu'on a appelé le grand cloaque, perdirent 13 o/o de leurs habitants; tandis que dans les quartiers qui étaient situés en amont, la mortalité ne fut que de 4 o/o. Dans Broad Street, tous ceux qui firent usage de l'eau d'un certain puits eurent le choléra, tandis que les voisins qui s'en abstenaient furent indemnes. Des passants qui burent au même puits, tombèrent aussi malades. On reconnut plus tard que ce puits néfaste recevait les infiltrations d'un égout.

Il y a quelques mois, un savant dont le nom est cher à l'Université, allait passer ses vacances à Pierrefonds avec toute sa famille; bientôt la fièvre typhoïde se déclare dans la maison. Il eut la douleur de perdre ses trois jeunes filles et sa domestique mourut aussi. Cependant la maladie ne régnait pas dans le pays. On apprit plus tard que les personnes qui avaient précédemment habité la maison et qui avaient bu de l'eau du puits avaient aussi été malades.

Lors de l'épidémie typhoïde qui sévit à Lille en 1882, le médecin des épidémies, le Dr Pilat, qui a rendu tant de services à l'hygiène

dans le Nord, a constaté que tous les habitants de la cour Meurisse, rue d'Esquermes, furent malades, à l'exception de quelques familles. Or les puits de la cour recevaient les infiltrations de faux puits voisins et les familles qui furent épargnées allaient chercher l'eau ailleurs.

Le savant Doyen de notre Faculté de médecine me disait, il y a quelques jours, qu'il existe à Lille une rue où la fièvre typhoïde est en quelque sorte endémique. Cette rue n'a pas de distribution d'eau et il est probable que les puits nourrissent le microbe de la maladie.

M. le Dr Dransart, médecin à Pont-de-la-Deûle, a constaté que la mortalité par la phthisie pulmonaire est plus considérable dans toutes les localités des environs qui s'abreuvent de l'eau des puits, que dans celles qui s'alimentent à l'eau de source.

Vous voyez, Messieurs, combien il est nécessaire pour vous qui, par votre position et votre science, serez appelés à éclairer les populations, de pouvoir raisonner sur les eaux alimentaires (1) et par conséquent de connaître les conditions d'une nappe aquifère.

2° LEÇON.

Nappes aquifères. — Nappes aquifères superficielles.

Une *nappe aquifère* est une couche solide, perméable, qui contient de l'eau dans ses interstices.

D'une nappe aquifère, il faut considérer la perméabilité de la couche aquifère, le fond de la nappe ou la couche imperméable qui retient l'eau et enfin l'origine de l'eau.

Il y a deux grandes catégories de roches perméables : la première comprend les sables et les autres roches meubles, où l'eau est interposée entre les grains ; elle y est en quantité d'autant plus grande que ces grains sont plus gros, plus irréguliers et laissent entre eux de plus grands intervalles.

La seconde catégorie des couches perméables est formée de roches compactes, peu perméables par elles-mêmes, mais présentant des fen-

(1) On trouvera de nombreux documents au sujet de l'importance de l'eau pour l'hygiène dans le *Traité d'hygiène* de M. Arnould, professeur à la Faculté de Médecine de Lille.

tes ou des cavités, dans lesquelles l'eau circule facilement ; tels sont beaucoup de calcaires.

On pourrait considérer une troisième catégorie, intermédiaire entre les précédentes, pour les roches compactes, qui sont fendillées de toutes parts et réduites en petits fragments irréguliers ; l'eau y circule aussi avec une grande facilité.

L'eau n'est pas en repos dans la couche aquifère ; elle tend toujours à obéir à la pesanteur, c'est-à-dire à s'enfoncer dans la couche perméable, jusqu'à ce qu'elle rencontre une couche imperméable et à descendre suivant la pente de la nappe aquifère, qui n'est jamais une surface horizontale.

Mais dans les nappes aquifères, et en particulier dans les nappes aquifères de la première catégorie, la pesanteur est combattue par la capillarité. Cette force retient le liquide par suite de son adhésion pour le solide qu'il imbibe et qu'il mouille ; elle le fait même monter à un niveau supérieur à son niveau normal. Il en résulte que le mouvement du liquide dans la nappe aquifère est d'autant plus retardé que les interstices sont plus petits et que l'action capillaire a plus de force.

Ces interstices peuvent être comparés à de petits tuyaux. Plus ils seront exigus, plus l'eau y circulera lentement, plus elle éprouvera ce que les hydrauliciens appellent une perte de charge. L'influence de la section des tuyaux sur la perte de charge est très considérable. Si on suppose des tuyaux dont les sections soient respectivement comme

	16	4	1
leur débit est comme	16	2,83	0,52

Cette résistance se reproduit à chaque mouvement du liquide, par conséquent, la perte de charge est d'autant plus grande qu'il y a plus loin de l'origine de la nappe au lieu d'écoulement.

On a calculé que les eaux du puits artésien d'Aerschot, qui viennent de Louvain, mettent 336 ans pour faire ce trajet. On boirait maintenant à Aerschot l'eau tombée comme pluie du temps de Charles-Quint (1).

Mon savant collègue Boussinesq a étudié ces questions avec beaucoup de sens et je renvoie à ses travaux ceux d'entre vous qui s'y intéressent.

(1) Cogels et O. van Ertborn : Société malacologique de Belgique, XXI, Bull. p. 20.

L'eau ne s'accumule pas indéfiniment dans la couche perméable. Quand celle-ci vient à être coupée par une vallée, l'eau s'écoule dans la vallée. Si la nappe aquifère est à une petite profondeur, l'eau s'en dégage par évaporation et il se fait un appel constant du liquide qui imbibé les parties profondes vers les parties superficielles desséchées.

Le fond de la nappe aquifère est formé par une couche imperméable. Mais il n'y a pas, à proprement parler, de couche imperméable ; toutes les roches, même les plus compactes, contiennent de l'eau d'imbibition : elles peuvent donc se laisser pénétrer par l'eau. Il est bien peu de couches qui ne présentent sur une certaine étendue des joints, des fentes, des cavités, qui sont autant de fuites pour la nappe aquifère. Cependant, comme ces éléments sont locaux et que la perméabilité de certaines substances, comme l'argile et le marbre, est très faible, on doit, dans la pratique, admettre l'existence de couches imperméables, qui retiennent l'eau de la nappe aquifère et l'empêchent de descendre.

L'eau contenue dans une nappe aquifère vient presque entièrement de la pluie, soit qu'elle ait pénétré immédiatement dans la terre, soit qu'elle ait roulé quelque temps à la surface, à l'état d'eau sauvage ou de cours d'eau permanent.

Lorsque l'eau pénètre dans le sol, il se fait entre eux des échanges d'éléments, qui donnent naissance à des combinaisons nouvelles.

L'oxygène, qui est en dissolution dans l'eau de pluie et qui y est même souvent à l'état d'ozone, ajoute son action à celle de l'air qui pénètre dans les couches superficielles, pour oxyder les matières organiques en décomposition et pour entretenir la vie des microbes qui y pullulent. L'eau a même sous ce rapport une action supérieure à celle de l'air, parce qu'elle pénètre à une plus grande profondeur.

Les produits de cette oxydation des composés organiques sont, outre de nouveaux corps ternaires dont la liste serait trop longue, de l'acide carbonique, de l'ammoniaque et de l'acide azotique. Ce dernier corps se produit surtout lorsque le sol est très perméable et que la matière organique y est abondante, comme dans certains cimetières.

L'acide carbonique, que contiennent aussi les eaux atmosphériques, dissout le carbonate de chaux, en le transformant en bicarbonate ; il se combine avec l'ammoniaque qui est le résultat de l'altération des composés organiques.

Enfin il faut encore citer l'acide azotique, qui se trouve dans les pluies d'orage et qui, dans le sol, produit des azotates ou agit comme corps oxydant.

D'un autre côté, l'eau emprunte au sol toutes les substances solubles

qu'il contient : sels de potasse, de soude, d'ammoniaque, de fer, qui s'y forment sous l'influence des agents précités ; elle entraîne en suspension toutes les particules légères et microscopiques, telles que les microbes, les germes d'infusoires et les menus débris provenant de la désorganisation.

Or, les couches superficielles du sol, que traverse l'eau de pluie, sont le réceptacle de tout ce qui est impropre à la vie : cadavres, excréments, urine, terreau, etc. L'homme y jette tous ses rebuts, ses fumiers, ses immondices. C'est surtout aux environs des usines et des grandes agglomérations que la couche superficielle est souillée des produits de décompositions organiques et que l'eau qui la traverse devient impure. A l'eau de pluie se joignent alors les eaux d'égout, les eaux vannes, les eaux industrielles, qui vont ainsi alimenter la nappe aquifère (1).

Si l'eau entraîne, en traversant le sol, des substances étrangères qui l'altèrent, elle y trouve d'autre part un filtre qui la débarrasse de ces mêmes substances et peut lui rendre en grande partie sa pureté primitive.

Il y a donc deux actions opposées : altération de l'eau par les impuretés que peut contenir le sol ; filtrage de cette même eau en parcourant la couche perméable. Suivant que l'une ou l'autre de ces deux actions prédomine, la nappe aquifère est souillée ou fournit une eau hygiénique. Il arrive très souvent que l'eau, se chargeant de matières étrangères dans les couches superficielles, les abandonne dans les couches plus profondes. Si l'eau se bornait à ce transport, le filtre finirait par se salir et deviendrait lui-même une cause d'impureté.

Mais on a vu que l'eau a une action chimique toute particulière; elle transporte de l'oxygène qui brûle et qui détruit tous les composés organiques, de sorte qu'elle nettoie elle-même son filtre à mesure qu'elle le salit.

Nous nommerons *nappe aquifère superficielle*, une nappe située à une faible profondeur et qui n'est pas préservée par une couverture imperméable contre la venue des eaux extérieures. Une telle nappe prise dans un point déterminé est alimentée par les pluies qui tombent dans la localité, par les rivières qui y circulent et par les résidus que l'homme y verse. La filtration est presque toujours incomplète. Cependant c'est dans ces nappes superficielles que puisent beaucoup de puits

(1) M. le Dr Carton, aide-major en Tunisie, a fait un tableau aussi véridique que lamentable de l'état d'empoisonnement des puits de la ville de Lille : *Les eaux de boisson à Lille*, 1883.

domestiques. Ce n'est pas grave dans la campagne, parce que les causes de pollution y sont peu nombreuses ; mais dans une ville, de telles eaux sont impropres à l'alimentation (1).

Une nappe aquifère qui est superficielle sur une certaine étendue peut devenir profonde plus loin. Ainsi à St-Maurice, près de Lille, les puits trouvent, à la base des sables verts landeniens, une nappe aquifère qui est retenue dans ces sables par l'argile de Louvil. Or toutes les couches tertiaires plongent vers le nord sous la Flandre : la nappe aquifère des sables landeniens, qui était superficielle à St-Maurice, devient donc profonde et même trop profonde. On l'atteint à Armentières à 25 mètres et à Hazebrouck à 100 mètres.

Dans l'étude des nappes aquifères superficielles, on doit distinguer celles qui sont dans les vallées et celles qui sont sous les plaines ou sous les plateaux.

Le sol des vallées est généralement formé de cailloux roulés, de sable et de limon sableux apportés par la rivière à l'époque quaternaire ou à l'époque actuelle. C'est un sol essentiellement perméable, de telle sorte que les puits qu'on y creuse sont en relation avec la rivière. L'eau y monte et y descend selon qu'elle monte ou descend dans le cours d'eau.

Le liquide se tient en général à un niveau plus élevé dans le terrain qui entoure la rivière que dans la rivière même. Il y est porté par l'effet de la capillarité et de l'imbibition. Une rivière, loin d'être un drainage naturel, est au contraire une cause d'inondation. C'est un point important à méditer dans un pays comme le nôtre, qui est sillonné de canaux, dont on tend toujours à exhausser le niveau.

L'eau d'imbibition monte dans les terrains qui avoisinent le canal plus haut que le niveau du canal ou tout au moins plus haut que celui des contrefossés, quand ils existent. Il en résulte que plus on élève les eaux du canal, plus on rend humide le terrain voisin. C'est une circonstance nuisible en tout temps pour la culture, mais qui devient très préjudiciable au moment des pluies estivales. Dans les conditions nor-

(1) En Belgique, toute la Flandre occidentale et une grande partie de la Flandre orientale et de la province d'Anvers ne sont alimentées que par une *nappe superficielle*. Presque partout, dans cette région, le sol est composé de 1 à 2 mètres de sable quaternaire *Flandrien* très perméable, reposant soit sur l'argile ypresienne, soit sur l'argile paniseliennne, soit sur d'autres couches argileuses imperméables, de sorte que la nappe aquifère se trouve pour ainsi dire à fleur de terre et qu'ainsi toute filtration, toute épuration est à peu près impossible. Pour avoir de l'eau, les habitants font un trou en terre avec la bêche, puis ils y placent une pompe grossière formée d'un simple tronc d'arbre évidé, de 2 mètres de long, muni d'un piston à clapet.

males, la pluie en tombant sur un terrain sec y pénètre et le fertilise ; mais si ce terrain est déjà imprégné d'eau jusque près de la surface, l'eau de pluie ne peut plus s'y loger ; elle séjourne à l'extérieur et produit une inondation.

Il est cependant quelques cas où l'eau est plus basse dans les puits de la vallée que dans la rivière, c'est lorsqu'il y a évaporation active, où aspiration d'eau pour les besoins de l'industrie, ou perte d'eau dans une couche perméable voisine. Il peut alors se faire que l'eau de la rivière n'arrive pas assez vite pour combler le vide ; car la propagation de l'eau dans les couches perméables de la vallée, quoique relativement facile, est cependant encore assez lente. On a estimé que la vitesse de l'eau souterraine dans le diluvium de l'Elbe est de 2 à 3 mètres en 24 heures. C'est cette lenteur de progression qui explique pourquoi les bords d'une rivière ne sont pas toujours inondés ; l'évaporation suffisante, surtout en été, pour faire disparaître l'eau de la couche superficielle à mesure qu'elle y arrive.

Ainsi toute rivière est enveloppée d'un grand cours d'eau souterrain, dont le niveau est plus élevé et dont la marche est incomparablement plus lente. Leurs températures peuvent être différentes. A Dresde, le fleuve souterrain est à la température constante de 7°, tandis que l'Elbe est à 19° en été et à 0° en hiver.

L'existence de cette nappe souterraine en rapport avec la rivière explique bien des cas d'hygiène. On a remarqué que le développement d'une épidémie, telle que le choléra, coïncide souvent avec une crue. L'inondation souterraine vient humecter les nombreux détritiques organiques dont est imprégnée la couche superficielle du sol. Lorsque l'eau descend, elle laisse derrière elle de l'humidité ; il y a de plus appel d'air et développement du microbe. C'est à une cause semblable qu'il faudrait attribuer les périodes de recrudescence du choléra dans l'Inde.

D'autres faits très intéressants, et qui semblent en rapport avec la géologie, ont été observés dans la propagation des épidémies cholériques en Europe. Les terrains primaires, comme les Ardennes, sont indemnes ; le choléra ne s'y propage pas ; ils servent même de barrière pour d'autres contrées. Ainsi les diverses épidémies cholériques venues du midi se sont arrêtées au pied des Cévennes et du Forez. A Lyon il y a eu peu de mortalité et un quartier a été tout à fait favorisé ; il est construit sur le granite. Les Vosges ont empêché la propagation du choléra en Alsace. C'est bien moins à la nature géologique du sol, qu'aux conditions géographiques et hydrographiques, qu'il faut attribuer ce privilège des contrées primaires. La preuve c'est que la ville de

Versailles paraît aussi favorisée, bien qu'elle soit située en plein terrain tertiaire.

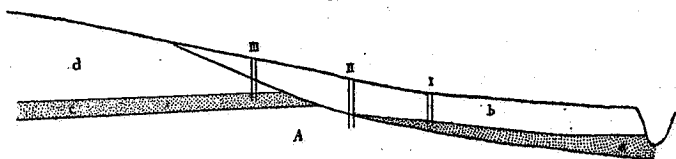
On admet que l'eau est, après l'homme, le principal agent de propagation du choléra et que souvent la maladie suit les cours d'eau ; mais c'est moins l'eau visible qui agit que la grande rivière souterraine dans laquelle les puits s'alimentent. On comprend que le choléra puisse se propager rapidement en descendant la vallée et qu'il puisse aussi la remonter, puisque l'eau d'imbibition peut remonter la pente sous l'influence d'une évaporation plus grande en amont. Néanmoins la propagation vers l'amont est toujours plus lente et plus difficile. Versailles doit sa situation privilégiée à ce qu'elle est près des sources, fortement en amont des localités contaminées.

Les terrains primaires sont aussi en amont des cours d'eau. Leur position suffirait donc pour leur donner un avantage, s'ils n'en tiraient encore deux autres de la multiplicité des sources qui permettent aux populations de ne pas être tributaires de la rivière, et de la localisation des diverses nappes aquifères, fait dont il sera question plus tard. Ces conditions se retrouvent en partie sur tous les sols imperméables. Aussi a-t-on remarqué que, dans le bassin de Paris, les localités construites sur des couches imperméables, comme le Lias, le Crétacé inférieur, les argiles à meulières, étaient moins maltraitées que celles qui sont bâties sur des calcaires ou sur des sables.

Quant à la situation privilégiée de certains quartiers de Lyon construits sur le granite, elle peut s'expliquer par le fait que deux nappes aquifères superficielles peuvent être très voisines et cependant ne pas communiquer.

J'ai été consulté tout récemment par un de mes amis, qui désirait construire un bon puits domestique près de sa maison. Il en avait fait un (fig. 1, I) qui lui donnait de l'eau de mauvaise qualité, provenant du gravier de la rivière et recevant les eaux d'infiltration de la fosse à fumier. Il avait alors creusé un second puits (fig. 1, II) à 10 mètres au Sud et n'avait pas trouvé d'eau. Je l'ai engagé à se reporter encore 5 mètres plus loin, persuadé que l'argile qu'il avait rencontrée dans le second puits devait former un barrage entre la nappe aquifère de la rivière et la nappe aquifère de tous les puits environnants, située à la base du limon diluvien : Il le fit (fig. 1, III) et eut de l'eau de bonne qualité.

Fig. 1.



- a Gravier de la rivière.
- b Limon de la rivière.
- c Gravier quaternaire.
- d Limon quaternaire.
- A Argile imperméable du terrain crétacé.

Il y a encore bien d'autres sujets de considérations hygiéniques que suscite l'étude de la nappe aquifère des vallées et que vous aurez à examiner tous les jours, si vous vous occupez de ces questions.

Je connais une maison située dans une ville, à 50 mètres de la rivière. Le puits est contre la maison ; il prend son eau dans la nappe d'infiltration de la rivière. Entre la maison et la rivière sont les lieux d'aisance, qu'on ne vide qu'au bout de 10 à 20 ans. Il y a des fuites et le liquide va dans la nappe aquifère. Je n'ai jamais pu faire comprendre au propriétaire de la maison que tout ce liquide ne se rend pas à la rivière et qu'une partie, poussée par l'imbibition, se mélange à l'eau de son puits.

Combien ne voit-on pas de cimetières établis dans la plaine même où se trouve la ville et en amont de celle-ci. Mais on a eu bien soin de le mettre à l'est, pour que le vent d'ouest ne pousse pas les *miasmes* sur la ville. Les hygiénistes méritaient encore il y a quelques années les reproches que Davy, je crois, faisait aux chimistes de l'école de Lavoisier : « Ils sont comme des ivrognes, l'eau ne compte pas pour eux. »

Sur les plateaux, la nappe aquifère superficielle est exposée à des causes d'infection moins nombreuses. La pente générale la dirige vers les vallées et souvent il s'établit plusieurs courants souterrains, ou même il y a des nappes aquifères séparées, qui ne peuvent pas se gêner l'une l'autre.

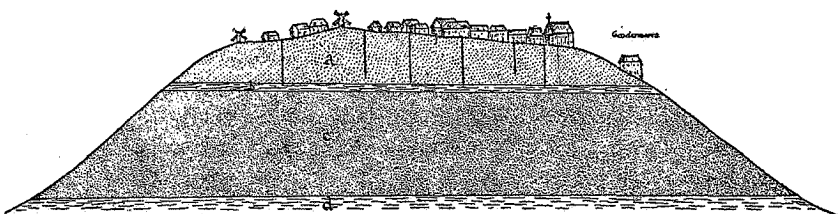
Cependant il y a aussi des causes de pollution et il faut citer en première ligne les agglomérations humaines. Les eaux ménagères s'infiltrant à travers les pavés ; les eaux de pluie en font autant, après avoir lavé les immondices et entraîné les urines ; souvent les fosses d'aisance sont mal closes, les égouts mal jointoyés ou même débouchent sur le sol. Toutes les eaux pénètrent dans la nappe aquifère superficielle.

Aussi les puits des grandes villes et même des petites villes sont toujours mauvais, à moins qu'ils ne soient profonds et protégés contre les infiltrations de la nappe superficielle.

Ces inconvénients sont plus graves encore lorsque cette nappe superficielle n'a qu'un faible bassin d'alimentation ; lorsque la ville par exemple est sur le sommet d'une colline isolée, dont la nappe aquifère ne peut s'alimenter que par l'eau tombée sur la ville ou par celle qu'y versent les habitants. C'est le cas de Cassel et de Laon.

Fig. 2.

Cassel



Coupe de la colline de Cassel.

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| a. Sable de Diest (1). | c. Sables du Parisien (3). |
| b. Argile de la gendarmerie (2). | d. Argile de l'Ypresien. |

A Cassel (fig. 2), le sommet de la colline qui porte la ville est formé d'une couche épaisse de sables ferrugineux *a* appartenant à l'assise de Diest (voir Esquisse Géologique du nord de la France, p. 338). Sous eux, il y a une couche d'argile *b* (Id. p. 325) généralement désignée sous le nom d'argile de la gendarmerie, parce qu'elle affleure derrière la caserne de gendarmerie. Elle retient l'eau qui filtre à travers les sables ; elle forme ainsi une nappe aquifère qui donne naissance à plusieurs sources et qui fournit tous les puits de la ville. Mais cette nappe aquifère ne peut s'alimenter que par les eaux de pluie qui tombent sur la ville et qui en traversent les rues. Cela n'a pas grand inconvénient, car à Cassel, il pleut beaucoup et l'on ne boit que de la bière.

(1) C'est le sable rouge, ferrugineux de l'étage pliocène *Diestien*.

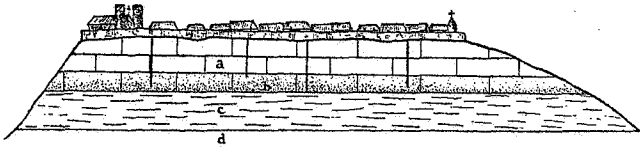
(2) Connue en Belgique sous le nom d'*argile glauconifère* de l'étage *Asschien*.

(3) Les sables du *Parisien* comprennent au Mont Cassel : les sables à *Nummulites variolaria*, le *Laekenien*, le *Bruxellien* et le *Paniselien*.

(Notes ajoutées pour la réimpression.)

Fig. 3.

Laon



Coupe du sommet de la montagne de Laon.

- | | |
|-------------------------------|---------------------------|
| a. Calcaire grossier. | c. Argile. |
| b. Calcaire grossier sableux. | d. Sables du Soissonnais. |

Il n'en est pas de même à Laon. La ville est construite sur le calcaire grossier dont la base est sableuse ; ce sont donc des couches très perméables. Elles reposent sur un banc épais d'argile, qui représente le panisélien du nord et qui forme le fond de la nappe aquifère. Il y a plusieurs sources et quelques abreuvoirs au contact du calcaire sableux et de l'argile. C'est le niveau de tous les puits de la ville. A Laon, comme à Cassel, les puits ne sont donc alimentés que par les eaux qui ont traversé le sol de la ville ; mais les causes de pollution sont bien plus nombreuses à Laon qu'à Cassel ; aussi la municipalité a-t-elle agi très sagement, en établissant une distribution qui prend ses eaux dans la plaine.

Pendant longtemps le patriotisme des Laonnais a protesté contre l'idée qu'ils buvaient toujours la même eau. Ils prétendaient que l'eau de leurs puits et de leurs fontaines était excellente, bien meilleure que celle de la plaine, qu'elle avait même un goût de fraîcheur tout particulier. (Elle le devait aux azotates.) Il s'est même trouvé un savant, auteur de travaux estimables, qui dit, et même qui écrit, qu'une eau d'une qualité si exceptionnelle devait évidemment venir de l'Ardenne. Pour expliquer sa présence au sommet de la montagne de Laon, il supposa qu'elle venait par un siphon ! !

Est-il besoin d'ajouter que les nappes superficielles des plateaux peuvent être polluées par les établissements industriels, par les cimetières, par les dépotoirs, etc.

3^e LEÇON.

Nappes aquifères profondes.

Une nappe aquifère peut être dite *profonde*, si elle ne reçoit les eaux de la surface qu'après qu'elles ont passé à travers un filtre assez

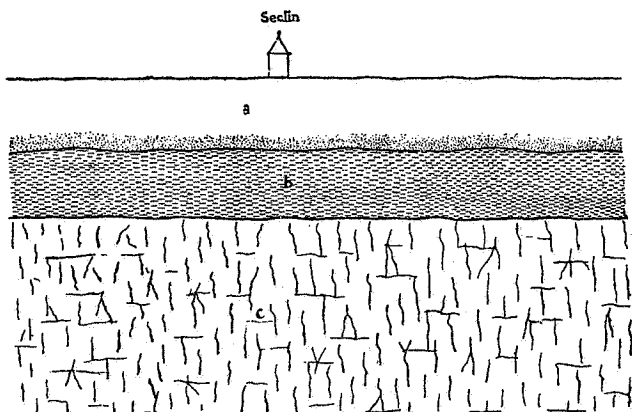
épais et assez actif pour les dépouiller de toutes les impuretés qu'elles contenaient lors de leur pénétration dans le sol.

La définition n'est pas très rigoureuse, mais il n'y en a pas d'autre possible.

Une nappe profonde se trouve toujours à une certaine profondeur ; cependant cette profondeur peut ne pas être très grande, lorsque la nappe est préservée des infiltrations superficielles par une couche supérieure imperméable.

Ainsi à Seclin, il y a sous le limon ou argile à briques un peu de sable, puis à 5 mètres, une couche d'argile plastique (argile de Louvil) qui retient l'eau et qui forme le fond de la nappe aquifère superficielle ; sous l'argile on rencontre une épaisse couche de craie, qui contient à la base une seconde nappe aquifère. Celle-ci est une nappe profonde

Fig. 4.



Coupe des environs de Seclin.

- a. Limon sableux à la base.
- b. Argile de Louvil.
- c. Craie.

séparée des eaux sauvages de la surface par l'argile imperméable.

Dans la plus grande partie du Cambrésis, l'argile supérieure manque, et la première nappe aquifère que l'on rencontre est celle de la craie ; mais elle est à 30 mètres de profondeur, les eaux qui ont filtré à travers 30 mètres de craie sont complètement épurées. Il n'est même pas besoin d'un filtre aussi serré que la craie ; on peut considérer comme nappe profonde une nappe située sous 10 mètres de limon, comme cela a lieu dans beaucoup de localités du département du Nord.

On a vu qu'une nappe profonde devient superficielle dans les vallées d'érosion, ou lorsque les couches se relèvent et se rapprochent de la surface. C'est même principalement dans cette condition, et dans les parties où elle devient superficielle, qu'une nappe profonde s'alimente, en recevant les eaux pluviales et les eaux sauvages. Elle n'en est pas moins profonde plus loin ; la filtration se fait dans le parcours horizontal, au lieu de s'opérer uniquement dans une direction verticale.

C'est évidemment *aux nappes profondes* que l'on doit demander *les eaux d'alimentation*.

La plupart des puits de Lille s'alimentent dans une nappe aquifère profonde, préservée par une couche imperméable. Si l'on fait un puits dans le quartier de Wazemmes, par exemple, on traverse 1 à 3 mètres de limon, puis 12 mètres de craie assez compacte et qui cependant contient vers le bas une nappe aquifère ; mais généralement on ne s'arrête pas là. A 14 ou 15 mètres de profondeur, on rencontre une couche de craie dure et solide avec nodules de phosphate de chaux ; c'est le *tun*. Immédiatement en dessous, on trouve une couche aquifère très riche qui est préservée par le *tun* contre les infiltrations superficielles.

Comme le sol est formé de couches successives, les unes perméables les autres imperméables, il en résulte qu'il y a généralement dans un lieu plusieurs nappes aquifères superposées.

Ainsi à la Madeleine, chez M. E. Delsalle, on trouve, à 5 mètres de profondeur, une nappe aquifère située dans les sables bouillants et retenue par un banc d'argile, qui paraît dépendre de l'argile d'Orchiés (voir Esquisse Géologique du Nord de la France, p. 308). Une seconde nappe se rencontre à 17 mètres plus bas, dans le sable d'Ostricourt ; elle y a pour fond un banc argileux, situé au milieu de ces sables. A 5 mètres plus bas, on trouva une troisième nappe, retenue à la base de la même assise sableuse par l'argile de Louvil.

A Marquette, chez M. J. Scrive, un sondage a rencontré dans les sables les deux nappes correspondantes à la 2^e et à la 3^e de la Madeleine ; puis, à 60 mètres de profondeur dans la craie, on a trouvé une nappe retenue par le *tun* ; si on eût continué le perforage, on eût probablement rencontré une quatrième nappe située entre le premier *tun* et une seconde couche de même nature ; c'est la nappe des puits de Lille. Puis une cinquième nappe sous le 2^e *tun* dans les marlettes et enfin une sixième nappe dans le calcaire carbonifère.

L'existence de ces nappes aquifères superposées est souvent une cause d'étonnement pour les personnes qui ne sont pas au courant de la structure géologique du sol.

Lorsque je m'occupai de la géologie de Cambrai, j'allai trouver le Commandant de la place pour avoir l'autorisation de visiter une ancienne carrière de sable située dans la citadelle. Dans la conversation, il me dit : pourriez-vous m'expliquer un fait extraordinaire qui se passe dans nos puits. Nous en avons deux près l'un de l'autre ; l'un a 42 mètres ; il tarit dès qu'il fait sec, l'autre n'a que 14 mètres et il y a toujours de l'eau.

Colonel, lui répondis-je, c'est bien simple. Votre puits de 42 mètres va dans la craie ; il tarit parce qu'il n'est pas assez profond ; il n'atteint pas la bonne source, qui est environ à 50 mètres de profondeur. Quant au second puits, l'eau y est retenue par une couche d'argile située entre le sable et la craie. Cette nappe est alimentée par la pluie qui tombe sur la citadelle. Le sable que je vais aller visiter, fait l'office d'une vaste citerne.

Près de cette même ville de Cambrai, un propriétaire avait un puits de 10 mètres de profondeur, qui tarissait pendant les grandes sécheresses. L'eau était contenue dans le tuffeau éocène (voir Esquisse géologique, p. 293) et elle était retenue par un petit banc d'argile, de 10 centimètres d'épaisseur. Le propriétaire, nouveau venu dans le pays, pensa que pour avoir de l'eau en tout temps, il suffisait d'approfondir un peu son puits. Mais après qu'on eut enlevé la mince couche d'argile, on rencontra la craie perméable. Le puits ne tint plus l'eau, qui filtra immédiatement à travers la craie. Il fallut alors continuer à creuser et on ne rencontra une seconde nappe aquifère qu'à la profondeur de 45 mètres.

Les sources ne sont pas autre chose que les points où les nappes aquifères viennent au jour (1) ; on trouve donc les sources sur le penchant des collines ou dans les vallées. Ainsi la nappe aquifère de la Gendarmerie à Cassel constitue une couronne de sources autour de la colline ; une autre série de sources est située plus bas dans la même colline au point de jonction des sables éocènes et de l'argile des Flandres. Généralement les sources abondantes sourdent près du fond des vallées. Comme les couches qui contiennent l'eau sont rarement horizontales, c'est surtout du côté où elles penchent que les sources se multiplient.

Il faut remarquer que le niveau des sources est toujours inférieur au niveau des puits sur les plateaux ; car la nappe aquifère est plus élevée lorsqu'elle est souterraine, que lorsqu'elle affleure, et cela pour deux

(1) Elles sont dues à ce que les couches aquifères ont été coupées par ravinelements qui ont façonné le sol, creusé les vallées et isolé les collines.

raisons. D'abord l'évaporation est moindre à une grande profondeur, puis la capillarité fait monter le liquide dans la zone perméable qui la surmonte. Ainsi, à Emmerin, l'altitude des sources est à 18 mètres, tandis que dans les puits des hauteurs de l'Arbrisseau, entre Emmerin et Lille, la même nappe aquifère est à l'altitude de 28 mètres (1).

On peut diviser les sources en deux catégories, selon qu'elles sont alimentées par des nappes superficielles ou par des nappes profondes. Dans le premier cas, leur réservoir est généralement assez restreint ; elles tarissent en été ; ce sont des *surgeons*. Les autres donnent naissance aux cours d'eau permanents.

C'est aussi aux sources émanées des nappes profondes que les villes doivent demander leurs eaux d'alimentation.

A Lille, on a capté les sources d'Emmerin, qui sortent de la craie et qui appartiennent à la nappe aquifère retenue par le *tun*. Cette nappe affleure à Emmerin dans une vallée qui date peut-être des temps géologiques, mais que les eaux diluviennes ont agrandie et approfondie jusqu'au niveau de la couche imperméable. Il en est résulté une grande vallée qui n'a été, qu'en partie, comblée par le limon de l'époque diluvienne et par le limon plus récent. La nappe aquifère se déverse dans cette vallée ; l'eau, filtrant en partie à travers les pores du limon, a produit un marais que l'on a desséché, il y a 30 ans ; une autre partie de l'eau s'ouvrait, à travers le limon, des canaux qui l'amenaient au jour sous forme de sources. Les deux effets se combinent souvent. Quand une source, c'est-à-dire une colonne d'eau ascendante rencontre une couche de limon très perméable ; elle s'y infiltre et la suit en prenant un cours horizontal ; c'est en quelque sorte un ruisseau souterrain.

Sous l'habile direction de M. Masquelez, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées et de MM. Parsy, on a isolé les sources pour les empêcher de s'infiltrer dans le terrain et on a recherché celles qui étaient perdues. On a pu ainsi capter six sources ; ce sont celles de la Cressonnière, de Guermanez, et de Billaud à Emmerin, d'Ancoisne, de Saint-Honoré et une autre, innommée, à Houplin. On a conduit leurs eaux par des canaux *fermés* et par une pente naturelle jusqu'à un réservoir situé à Emmerin. De là des pompes puissantes poussent l'eau dans deux réservoirs supérieurs, dont l'un est situé à l'Arbrisseau et dont l'autre, aujourd'hui en construction, se trouve rue de la Louvière. Les tuyaux de conduite sont complètement *fermés*. J'insiste sur ce point, car, par suite d'expressions malheureuses employées dans

(1) Je dois ces chiffres à la complaisance de M. V. Parsy sous-inspecteur des travaux municipaux.

divers rapports, beaucoup de personnes ont cru, qu'il y avait eu drainage de la plaine d'Emmerin et que l'eau employée à Lille provenait d'une nappe superficielle et non d'une nappe profonde.

Vous comprenez l'importance de la distinction au point de vue de la santé publique. Nous avons vu précédemment les dangers des nappes superficielles, qui sont les véhicules des microbes.

Mais les nappes profondes peuvent aussi être empoisonnées. Vous avez pu lire dans le dernier numéro des *Annales de la Société Géologique du Nord*, t. XIV, p. 22, le procès très intéressant jugé en Angleterre entre les propriétaires de deux puits, dont l'un, utilisant son puits à un tout autre usage qu'à tirer de l'eau, empoisonnait le puits du voisin. Un premier juge lui reconnut ce droit, mais la juridiction supérieure le condamna.

Des faits analogues sont fréquents dans nos régions industrielles. Mon collègue, M. Violette, me citait une série de puits aux environs de Lille, où il avait trouvé de l'acide nitrique, résultat de l'oxydation des matières organiques, et cependant ces puits s'alimentaient à la nappe aquifère située entre les deux *tuns*. Le premier *tun* n'avait donc pas servi de protection suffisante.

C'est que les couches du sol n'ont pas la régularité et l'uniformité que nous leur supposons en théorie. Elles ont des crevasses, des joints qui laissent passer l'eau. Si celle-ci est acide et que la roche est calcaire, le joint s'élargit, la crevasse devient une fente ; puis la fente se transforme en canal et le canal en caverne. Les fameuses grottes de Han et de Rochefort, que l'on va si souvent visiter, n'ont pas une autre origine.

Tous les terrains calcaires présentent de telles cavités. Sur le plateau jurassique des Ardennes, entre Hirson et Charleville, on voit souvent un ruisseau disparaître tout d'un coup ; non seulement on le voit, mais on l'entend ; il tombe avec bruit dans une cavité dont on ne connaît pas le fond. Après un trajet souterrain plus ou moins long, il reparaît de nouveau sous forme d'une source abondante. La craie présente des cavités analogues, moins nombreuses et plus petites que celles des calcaires compacts, mais tout aussi certaines.

Il y a trois ans, on s'aperçut que les eaux d'Emmerin avaient une odeur désagréable ; elles présentaient à la surface une sorte d'enduit blanchâtre, comme celui d'une végétation cryptogamique. M. Giard y reconnut le *Crenotrix polyspora* qui souille l'eau de quelques parties de la Prusse et particulièrement celles de la ville de Berlin. On s'aperçut bientôt que cette végétation ne se produisait que dans l'eau de la fontaine Billaud ; mais on se demanda longtemps comment elle avait

pu s'y développer, puisque cette fontaine est isolée et qu'il n'y avait pas de puits perdu dans les environs. Des recherches très sagaces de M. Parsy ont enfin permis de découvrir qu'il s'était établi une communication entre la source et un puits perdu d'une distillerie aux environs de Seclin, à 4 kilomètres de distance. On a fait boucher ce puits, on a isolé pendant quelque temps la Source de Billaud, et le *Crenotrix* a disparu.

Ce fait nous révèle le danger des puits perdus. Combien d'habitants de Lille ont un puits perdu situé contre leur habitation, à quelques mètres de leur pompe. C'est le cas de dire qu'ils puisent d'une main ce qu'ils rejettent de l'autre.

Les puits perdus sont surtout à craindre lorsqu'ils arrivent à une nappe perméable sableuse, parce qu'alors l'eau souillée n'est plus contenue dans des canaux bien limités, en dehors desquels il n'y a pas contamination. La couche sableuse se salit, s'encrasse peu à peu, en formant comme une auréole autour du puits perdu. Supposons un grand nombre de ces puits, comme à Roubaix, le sous-sol sableux qui alimente les puits domestiques deviendra inévitablement un réceptacle de matières organiques en voie de décomposition.

On peut aussi juger combien sont dangereux les dépotoirs, les irrigations de mélasses et autres. L'acide azotique, produit ultime de la combustion des matières organiques azotées, passe avec les eaux de pluie à travers le limon, le sable et la craie, où il se creuse des voies souterraines qui le conduisent aux sources voisines. L'acide azotique n'est pas dangereux par lui-même; les azotates communiquent même à l'eau une saveur fraîche et agréable. Mais ils sont une nourriture toute préparée pour le développement des végétations cryptogamiques et des microbes. D'ailleurs, dès que les canaux deviennent un peu larges, ils peuvent aussi servir de passage à des matières organiques.

Il ne faut pas se fier aux nappes imperméables protectrices : il est rare que ces bancs imperméables ne présentent pas quelque fissure, et d'ailleurs, il est bien peu de couches vraiment imperméables.

Il faut aussi se rappeler que les nappes dites profondes deviennent superficielles dans le voisinage des sources. Ainsi la nappe d'Emmerin est superficielle dans tout l'ancien marais et sur les bords même de la vallée. Il en résulte que si on venait à y faire des dépôts d'engrais, il y aurait pénétration de leurs infiltrations dans la nappe aquifère.

Toutes les considérations qui précèdent doivent rester gravées dans votre mémoire. A une époque où l'on ne veut perdre aucun engrais, où l'on prêche la purification par décantation et irrigation, où le *Tout à l'égout* est en honneur, veillons sur nos nappes aquifères !

4^e LEÇON.

Nappes aquifères dans les terrains en couches inclinées.

Eaux artésiennes.

A Lille, sous la craie qui fournit les nappes aquifères dont il est question dans le cours précédent, se rencontre un calcaire dur, compact, un véritable marbre, qui appartient au terrain carbonifère et qui contient encore de l'eau.

Le premier sondage qui ait pénétré dans le calcaire carbonifère est celui de la brasserie Vandamme, rue du Gros-Gérard, foré en 1838. L'année suivante on en fit un dans la blanchisserie de M^{me} Veuve Sebly, cour du Beau-Bouquet. La source jaillit à 2 mètres au-dessus du sol. On en fit presque en même temps à l'Hospice Général, à l'Esplanade et à l'Hôpital Militaire ; partout l'eau fut jaillissante. A l'Esplanade et à l'Hôpital Militaire, on la rencontre à 107 et à 108 mètres de profondeur. A l'Hôpital Militaire, elle jaillit de 2 mètres au-dessus du sol.

Mais si ces puits ont été couronnés de succès, d'autres ont complètement échoué.

Un des exemples les plus curieux de la disposition, en apparence bizarre, de cette nappe aquifère vient de se passer à Lille.

On avait fait, il y a quelques années, un puits qui avait atteint le calcaire carbonifère à 120 mètres de profondeur et on avait obtenu de l'eau. L'année passée, on voulut faire un second puits à 100 mètres de distance du premier. On recoupa les mêmes terrains ; on alla jusqu'à 180 mètres sans rencontrer d'eau. Pourquoi le succès dans le premier cas et l'insuccès dans le second ?

On fait, en 1838, un sondage à Crèvecœur près Cambrai, pour chercher le charbon. On pénètre à 123 mètres dans le calcaire carbonifère ; l'eau jaillit immédiatement. A 131 mètres, elle vient avec une telle violence qu'il faut interrompre les travaux, fort heureusement pour la Société, qui aurait pu percer beaucoup plus loin sans jamais rencontrer la houille.

Ce résultat décide le propriétaire du château de Révelon, situé aussi à Crèvecœur, à faire un sondage pour avoir de l'eau jaillissante dans sa propriété. A 123 mètres de profondeur, il rencontre le calcaire dur, mais pas d'eau. Il va jusqu'à 137 mètres ; pas une goutte d'eau.

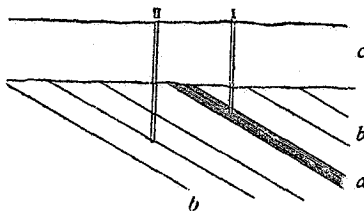
Pour expliquer ces faits en apparence contradictoires, il suffit de

connaître la structure du terrain. Le calcaire carbonifère, rencontré à Lille et à Crèvecœur appartient à la série des terrains primaires, qui dans nos pays ont été redressés par les plissements de l'écorce terrestre et se trouvent par conséquent en couches inclinées. Ces plis se sont faits d'une manière régulière, de telle sorte que les couches ont une direction constante qui est presque de l'est à l'ouest ; elles s'enfoncent tantôt vers le nord, tantôt, et le plus souvent, vers le sud.

Le calcaire carbonifère, dur et compact comme le marbre, est imperméable ; mais entre les bancs calcaires, il y a souvent de petites couches schisteuses perméables. Il y a aussi des fissures verticales qui divisent le calcaire et qui fournissant passage à des veines d'eau abondantes ; enfin on y rencontre des cavités qui peuvent être des réservoirs considérables. Il en existe dans tous les terrains calcaires, même dans la craie ; le calcaire carbonifère ne fait pas exception sous ce rapport. La position des cavités et des fissures est tout à fait accidentelle : rien ne peut les faire prévoir. Quant aux nappes régulières, elles sont, comme celles de la craie, parallèles aux couches. Celles-ci étant inclinées, les nappes aquifères sont aussi inclinées. Voilà ce qui explique bien des anomalies apparentes et ce qu'il faut se rappeler quand on fait un forage dans les terrains primaires.

Fig. 7.

Disposition probable de deux puits dans le calcaire carbonifère, à Lille.



a Nappe aquifère. *b* Calcaire carbonifère. *c* Craie.

I Premier puits (productif). *II* Deuxième puits (improductif).

A Lille, le calcaire carbonifère plonge probablement vers le Sud, si le second puits cité à Lille eût été au Sud du premier, il eût rencontré la même nappe aquifère à une profondeur un peu plus grande ; mais comme il est au Nord il ne pouvait pas l'atteindre, à quelque profondeur qu'il arrivât ; puisque les bancs de calcaire, qu'il perce en sortant de la craie, sont inférieurs à la nappe.

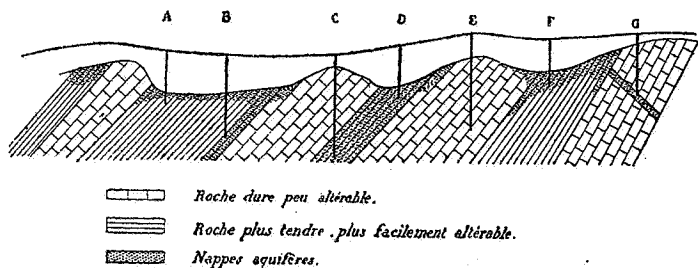
Les terrains primaires ne sont pas formés uniquement de calcaire ;

on y trouve aussi des grès, des psammites et des schistes. Toutes ces roches sont imperméables, lorsqu'elles sont pures et compactes ; mais leurs mélanges livrent plus facilement passage à l'eau, qui dissout les parties calcaires et désagrège peu à peu les grains schisteux ou quartzeux. La roche devient ce que les ouvriers appellent les bancs pourris. Les joints de stratification qui séparent les bancs laissent aussi filtrer l'eau, surtout lorsque les divers bancs successifs ont des compositions différentes, comme à la limite d'un schiste et d'un calcaire, ou d'un schiste et d'un grès.

Lorsque les couches sont très serrées les unes contre les autres, comme cela a lieu dans la profondeur, les fissures sont peu nombreuses ; mais, jusqu'à une certaine distance de la surface, où l'eau et l'air peuvent pénétrer, toutes les roches tendent à se fendre et à s'exfolier. Or les roches primaires, qui sont maintenant à 100 mètres sous la craie, ont formé la surface d'un continent pendant une période géologique très longue. Elles ont donc subi les altérations de toutes les couches superficielles.

Ainsi les terrains primaires contiennent généralement de l'eau : 1° dans une zone superficielle correspondant à la craie fendillée ; 2° dans les couches perméables régulières, dont l'allure peut être déterminée quand on connaît l'inclinaison des strates ; 3° dans des fissures, des crevasses, des cavernes, dont la position est toujours incertaine.

Fig. 6.



Ce n'est pas seulement à Lille et dans les environs que l'on puise de l'eau dans les couches primaires. Une partie de l'arrondissement d'Avesnes est sur les terrains primaires et va y chercher son eau d'alimentation. Il importe d'autant plus d'examiner les conditions où se trouvent ces puits, que rien, que je sache, n'a été écrit sur ce sujet.

Il y a trois cas à considérer suivant que le puits est sur un plateau, dans le voisinage d'un cours d'eau ou près d'un escarpement.

Sur les plateaux, presque tous les puits (fig. 6 ; A, D, F,) s'alimentent

dans les couches fissurées de la surface, ou vont à une faible profondeur chercher, soit un banc pourri, soit un joint (fig 6 ; G.). Dans les deux cas, ils sont en relation étroite avec la nappe superficielle. Cependant quelques puits plus profonds (fig. 6 ; B. C.), et par conséquent plus coûteux, peuvent joindre une véritable nappe aquifère correspondant à nos nappes aquifères profondes, parce qu'elle sera alimentée par l'eau ayant déjà subi un long trajet souterrain. Il en résulte que les puits des terrains primaires seraient dans de mauvaises conditions hygiéniques, s'il y avait une nombreuse population ; mais les habitations y sont en général très disséminées, le sol superficiel peu perméable, et par conséquent les puits assez nettement séparés les uns des autres. Ajoutons que lorsque l'eau a traversé la couche superficielle, elle se trouve emprisonnée par les saillies des roches plus dures et moins altérées dans une série de petits sillons parallèles à la direction des couches, qui n'ont entre eux aucune communication et où l'eau n'est pas toujours à la même hauteur. C'est là un puissant obstacle à la dissémination des microbes.

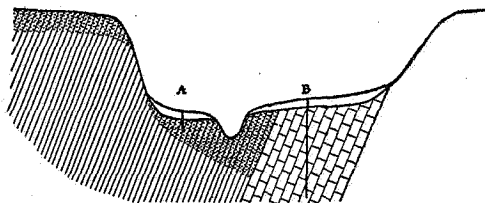
Si le puits atteint un de ces sommets rocheux (fig. 6 ; C. E.) qui sépare les sillons, il peut arriver qu'il n'y rencontre pas d'eau et qu'il soit obligé d'aller en chercher dans une couche profonde.

Lorsque les puits sont situés dans le voisinage immédiat d'une vallée arrosée par un cours d'eau, il peut se présenter deux circonstances.

1^o Si la vallée coupe plus ou moins obliquement la direction des couches, l'eau de la rivière s'infiltré entre les strates et alimente tous les puits voisins. Elle y est au même niveau que dans la rivière ou même plus haut, d'autant plus haut qu'on s'éloigne davantage du cours d'eau, parce que là aussi, comme dans les couches perméables horizontales, l'eau monte par capillarité entre les feuillets des schistes.

2^o Si au contraire la vallée est parallèle aux couches (fig. 7), l'eau de la rivière est enfermée comme dans un sillon et un puits même très voisin (B) peut aller à une très grande profondeur sans trouver d'eau, tandis qu'un autre (A) rencontrera l'eau au niveau de la rivière.

Fig. 7.



Même légende que celle de la figure 6.

J'ai constaté tous ces faits dans les vallées des deux Helves et de leurs affluents.

Beaucoup de vallées primaires sont bordées d'escarpements qui sont quelquefois très élevés, comme dans la vallée de la Meuse. Il y a presque toujours des sources vers le bas, au point d'affleurement d'une couche perméable ou d'une fissure. Le trajet de ces voies aquifères est marqué sur toute la hauteur de l'escarpement par une série de petites sources et souvent par un tapis de mousse, qui recouvre un terrain tourbeux.

Un coteau en pente inclinée n'est en réalité qu'un escarpement dont une partie a été enlevée. Il doit donc s'y trouver des sources et des affleurements de voies aquifères, qui se dessinent extérieurement par la végétation.

C'est dans ces conditions que l'on rencontre la bonne eau de schiste, fraîche, non calcaire, très pure, si le schiste qui la contient ne renferme pas de pyrite. Si au contraire le schiste est pyriteux, ce minéral s'oxyde, se transforme en sulfate alcalin et en oxyde ou en carbonate de fer. On a donc une eau ferrugineuse. Il peut même dans des circonstances spéciales se produire du sulfate de fer ou de l'acide sulfhydrique.

Je ne veux pas terminer cette étude générale des nappes aquifères sans vous dire quelques mots des sondages dits : *puits artésiens*. Ils consistent à aller chercher une nappe aquifère dont l'eau s'élève plus haut que le point où on la rencontre. Avec cette définition générale, beaucoup de nos sondages profonds sont artésiens, car l'eau s'y élève dans le tube ou dans le puits, au-dessus de la nappe qui la contient. Ainsi plusieurs sondages faits à Armentières ont rencontré sous les dièves, à 120 mètres de profondeur, de l'eau qui s'élève jusqu'à 6 mètres au-dessous du niveau du sol.

Toutefois la dénomination de puits artésien ne s'applique vulgairement qu'à ceux de ces sondages où le liquide jaillit au-dessus du niveau du sol, mais cette définition n'a rien de scientifique. Telle nappe, qui fournira de l'eau jaillissante dans la vallée, se maintiendra en dessous de l'orifice dans les puits des collines voisines.

Le nom d'artésien donné à ces sondages vient de ce qu'il existait depuis longtemps aux environs d'Aire et de Béthune, en Artois, des fontaines jaillissantes. On allait chercher à une faible profondeur dans les couches superficielles de la craie (craie fendillée), les eaux qui y sont comprimées par l'argile éocène (1).

(1) Menche de Loïzne, *Mémoire sur l'alimentation en eau des agglomérations des environs de Lille*.

Il me semble inutile de vous exposer la théorie des puits artésiens. Vous la trouverez dans tous les traités élémentaires de physique et de géologie. Vous savez qu'une nappe aquifère, pour produire des eaux artésiennes, doit être contenue dans une couche perméable comprise entre deux couches imperméables. Il faut encore que cette couche perméable ait son point d'alimentation, c'est-à-dire qu'elle affleure dans une autre localité plus élevée que celle où l'on établit le sondage.

Aussi la nappe aquifère qui alimente les puits artésiens de Paris est contenue dans les sables verts du Gault, qui se montrent au jour en Champagne, à l'altitude de 130 mètres, 100 mètres au-dessus du seuil de l'Eglise de Notre-Dame. C'est là que les eaux de pluie et de rivière pénètrent dans la couche perméable pour alimenter la nappe aquifère.

Il ne faudrait pas croire que l'eau s'élève dans les tuyaux de sondage à l'altitude qu'elle occupe dans le point d'alimentation ; car en filtrant dans les sables, elle éprouve toujours des pertes de charge considérables.

Les nappes aquifères, où s'alimentent en général les puits artésiens, ne sont pas inépuisables. Quand on établit plusieurs puits sur un espace restreint, ils se nuisent l'un à l'autre. Le débit du puits de Grenelle a considérablement diminué, après le forage du puits de Passy.

L'expérience a aussi montré que le débit d'un forage diminue insensiblement et éprouve des changements dont on n'a pas encore pu déterminer la cause. Ainsi la quantité d'eau fournie par le puits de Grenelle à l'altitude de 73 mètres (l'ouverture du puits est à 36 mètres, mais on a forcé l'eau à s'élever dans une colonne de 37 mètres) a passé par les variations suivantes.

1842	1,100 mètres cubes en 24 heures.
1852	720 " "
1856	900 " "
1861	809 " "
»	615 (36 heures après l'ouverture du puits de Passy).
1880	335 " "

5^e et 6^e LEÇONS.

Nappes aquifères du Département du Nord.

Vous avez vu que les nappes aquifères du Nord de la France peuvent se diviser en trois classes :

1^o Les nappes aquifères superficielles.

2° Les nappes aquifères profondes, dans les terrains en couches horizontales.

3° Les nappes aquifères profondes, dans les terrains en couches inclinées.

Les nappes aquifères superficielles se forment par la pénétration *per descensum* des eaux superficielles, jusqu'à une couche imperméable, et elles sont situées à une profondeur assez faible, pour que le filtrage soit imparfait. Elles tarissent pendant les grandes sécheresses et ont un goût sauvage dans les moments de pluie. On doit aussi ranger dans les nappes superficielles celles que produisent les cours d'eau en pénétrant dans le terrain de la vallée. Ces eaux, bien que préférables aux précédentes, peuvent aussi être contaminées et constituent un des agents les plus actifs de la dissémination des microbes. De telles nappes existent dans les alluvions de toutes les grandes vallées : Escaut, Selle, Sambre, Scarpe, Lys, etc. Le long de ces vallées un grand nombre d'habitants s'en contentent.

Parmi les nappes superficielles du département, il en est quelques autres, qui, par leur extension ou par d'autres considérations, méritent une mention toute spéciale.

1° *Nappe des dunes*. L'eau de pluie qui tombe sur les dunes s'infiltré facilement dans le sable ; elle s'arrête en partie sur les petites couches argileuses qui sont à la base des monticules ; elle y forme des sources et des nappes aquifères ou les communes du littoral vont chercher leur eau ; c'est ce qui a lieu au Rosendaël.

2° *Nappe aquifère des sables de Bourbourg*. Ces sables forment le sous-sol de la plaine maritime. Ils sont d'âge tout récent, puisqu'ils reposent sur des tourbières qui contiennent des débris de l'époque gallo-romaine. A la base du sable, il y a une couche sablo-argileuse ou même argileuse, qui retient l'eau. Il en résulte une nappe aquifère, très abondante, située à quelques décimètres au-dessous du niveau du sol. Elle est en relation avec les canaux qui sillonnent le pays et, au voisinage de la mer, elle en reçoit les infiltrations.

3° *Nappe du limon*. Le limon recouvre presque tout le département du Nord. Il est très perméable, cependant il y a à sa base une couche argileuse bleue ou grise qui retient l'eau et qui donne naissance à des sources nombreuses. Les sources sont plus nombreuses et plus abondantes encore quand le limon repose sur une couche imperméable, telle que l'argile des Flandres, les dièves ou le conglomérat à silex. La nappe du limon forme le drainage naturel de la région ; elle alimente un grand nombre de puits. Lorsque le limon est épais, l'eau peut être de bonne qualité ; mais lorsqu'il n'a que 3 ou 4 mètres, les eaux superficielles y parviennent après une filtration insuffisante.

4° *Nappe du diluvium*. On désigne sous le nom de diluvium une assise de petits cailloux, située sous le limon, au voisinage des grandes vallées. Les interstices des cailloux offrent à l'eau un libre passage, aussi le diluvium contient une nappe aquifère abondante, mais qui a l'inconvénient d'être en rapport avec la nappe d'infiltration du cours d'eau. Cependant à une certaine distance de la vallée, elle en devient indépendante. Si elle est alors préservée par le limon des eaux sauvages de la superficie, elle fournit une eau de bonne qualité.

On peut ranger dans les nappes profondes toutes celles qui ont leur origine dans les couches géologiques antérieures à l'époque diluvienne, bien que toutes ne soient pas réellement profondes. Il faut aussi se rappeler que telle nappe, profonde dans une localité, cesse de l'être dans une autre, par la disparition de la couche filtrante qui la surmonte.

5° *Nappe des sables de Diest*. Elle est contenue dans les sables grossiers ferrugineux qui couronnent les collines de Cassel, et des environs de Bailleul. Elle est retenue par une couche argileuse dépendant de l'assise à *Pecten corneus*. Elle alimente les puits de Cassel et quelques sources autour des dites collines. A moins que les sables ne soient épais, c'est une véritable nappe superficielle.

6° *Nappe des sables de Cassel*. Cette nappe est encore propre aux collines flamandes. Elle est contenue dans les couches sableuses qui constituent le Parisien et la partie supérieure de l'Ypresien. Elle est retenue par l'argile des Flandres (argiles de Roncq, de Roubaix et d'Orchies). Elle alimente les diverses sources qui s'échappent du pied des collines. L'une de ces sources provenant du Mont des Chats est conduite à Bailleul. Celles qui sortent au nord de la chaîne des collines vont à la Péene-Becque et aux autres affluents de l'Yser ; celles du sud se rendent à la Lys par la Meteren-Becque. Toutefois, la plupart des rivières du pays flamand ont pour origine la nappe superficielle du limon.

7° *Nappe des sables de Mons-en-Pévèle*. — Cette nappe coexiste avec le facies sableux de l'Ypresien supérieur, c'est-à-dire qu'on ne la trouve que lorsque la zone à *Nummulites planulata* est formée de sable. Il n'y a guère, dans ce cas, dans le département du Nord, que la colline de Mons-en-Pévèle. On peut rapporter à la nappe en question la source de la Marcq, située au Nord-Ouest de la colline ; mais tous les ruisseaux, qui se rendent à cette rivière et qui prennent naissance entre Orchies, Genech et Pont-à-Marcq, sortent de la nappe du limon, dont le fond est formé par l'argile d'Orchies. Ces sources sont d'autant plus

abondantes que de ce côté la base du limon présente une couche de sable mouvant, que l'on a comparé au sable campinien. Ce sont les eaux des mêmes sables qui produisent les sources des environs de Seclin.

La nappe des sables ypresiens joue un plus grand rôle en Belgique, aux environs de Renaix, de Grammont, de Bruxelles, etc.

8^e *Nappe des sables landeniens*. — Cette nappe aquifère, contenue dans les sables d'Ostricourt, ou dans le tufeau, y est retenue soit par l'argile de Louvil, soit par le conglomérat à silex. Il arrive souvent qu'il y a, au milieu des sables, des bancs argileux imperméables qui donnent lieu à des nappes secondaires ; telle est celle qui a été citée plus haut dans le forage de M. Scrive, à Marquette.

Dans le sud du département du Nord, les sables d'Ostricourt ne constituent que des collines isolées et, par conséquent, ne peuvent pas produire de sources importantes. De plus, le limon qui les recouvre est sableux, très perméable, peu protecteur. Les nappes des sables doivent donc être classées parmi les nappes superficielles.

Entre Valenciennes, Saint-Amand, Seclin et Cysoing, dans ce qu'on peut appeler le bassin d'Orchies, le sable landenien renferme une importante nappe aquifère retenue par l'argile de Louvil ; beaucoup de puits s'y alimentent.

Dans la Flandre, c'est la nappe aquifère principale ; c'est là que vont presque tous les puits domestiques, à La Madeleine, Armentières, Roubaix, Tourcoing, Roncq, Lannoy, etc. Mais elle s'enfonce de plus en plus vers le nord et bientôt elle atteint une profondeur telle qu'elle est inabordable aux intérêts privés. Son altitude, par rapport au niveau de la mer, est à Bailleul à —40 mètres, à Hazebrouck à —70 mètres, à Bourbourg à —110 mètres, à Dunkerque à —129 mètres. Cependant dans cette région quelques puits de brasserie vont y chercher de l'eau ; mais celle-ci est souvent trouble, parce qu'elle tient en suspension des particules très fines de sable.

9^e *Nappe de la craie*. — Une nappe aquifère très abondante se trouve dans la partie superficielle de la craie. La craie est peu perméable par elle-même, cependant elle laisse passer l'eau par les fentes, comme tous les calcaires. Certaines variétés de craie se fendent plus facilement que d'autres et ce fendillement est d'autant plus marqué que la roche a été plus longtemps exposée à l'air. Or la craie, non compris les affleurements actuels, a été deux fois en contact avec l'atmosphère. Elle a formé la surface du continent avant le dépôt des terrains tertiaires ; puis pendant l'époque quaternaire, une partie du terrain tertiaire a été enlevée et dans ces points la craie a encore été mise à nu.

Cette craie, fendillée par les intempéries atmosphériques, constitue une nappe excessivement riche dans l'arrondissement de Douai. Tous les puits des environs s'y alimentent. C'est à cette nappe qu'il faut rapporter la fontaine de Flers, les sources captées par la ville de Douai, celles que doivent prendre les villes de Roubaix et de Tourcoing, près de Marchiennes, etc. C'est dans cette nappe que le creusement de la fosse de Dorignies rencontra tant de difficultés qu'on dut avoir recours au procédé Chaudron, après avoir cherché à épuiser la source, en employant pendant 15 mois les pompes les plus puissantes. La venue d'eau alla toujours en augmentant, jusqu'à donner 79,000 mètres cubes par jour. A la fosse Thiers, près Valenciennes, la même nappe donna 59,400 mètres cubes. Ce niveau est aussi très aquifère à Meurchin, à Annezin, à Courrières, à Lens. En approchant de Lille, il devient plus local et disparaît presque complètement. Il est aussi à peine connu dans le Cambrésis. Dans le Pas-de-Calais, aux environs de Béthune et d'Aire, la craie fendillée se trouve recouverte par l'argile de Louvil. Quand on perce cette couche imperméable, l'eau de la craie jaillit. C'est l'origine des puits *artésiens*.

10° *Nappe du Tun*. — Le tun est une craie dure, remplie de nodules de phosphate de chaux, qui est propre aux environs de Lille. Elle appartient à l'assise à *Micraster cor testudinarium*. Il existe en général deux bancs de tun, séparés par 2 ou 3 mètres de craie sableuse, qui constitue une nappe aquifère souvent riche. Elle alimente beaucoup de puits des environs de Lille. Sous le second tun on rencontre une nouvelle nappe aquifère, qui peut se confondre avec les suivantes.

11° *Nappe de la craie à cornus*. — L'assise de la craie à silex dits *cornus*, caractérisée par le *Micraster breviporus*, affleure dans les environs de Valenciennes, du Quesnoy, du Cateau, du Catelet, de Guise, etc. Elle contient des bancs de marne, peu perméables, qui forment plusieurs nappes aquifères, lorsque la craie s'enfonce à une certaine profondeur. C'est là que prennent naissance les sources du canal souterrain de St-Quentin, les sources de l'Escaut près du Catelet et les fontaines de Crèvecoeur, telles que la fontaine Glorieuse. Les fosses des environs d'Aniche y trouvent des venues d'eau assez importantes. Près de Lille, la craie à silex est très peu épaisse; la nappe qu'on y rencontre n'a pas été suffisamment distinguée des nappes voisines.

12° *Nappe aquifère des marlettes*. — Sous la craie à silex, on rencontre l'assise à *Terebratulina gracilis* formée de couches alternatives de marne très argileuse, plastique, et de craie dure compacte présentant de nombreuses fentes verticales. Sous cette assise se trouvent les

dièves, marnes plastiques, très argileuses, bleues, presque imperméables. Il en résulte que les fissures des bancs solides de la craie à *Terebratulina gracilis* livrent passage à une nappe aquifère où se réunissaient toutes les eaux qui filtrent à travers la craie. Aussi cette nappe est-elle très riche et surtout très constante. C'est elle qui donne naissance à presque tous les cours d'eaux permanents du département, la Marque, l'Honelle, l'Ecaillon, la Rhonelle, la Selle, la Sambre, le Noirieux et ses affluents, etc. Des sources y sont assez puissantes pour que plusieurs d'entre elles puissent, à leur sortie, faire tourner un moulin. Dans les houillères, où cette craie est souvent désignée sous le nom de *gris* ou de *bleu* des mineurs, la venue d'eau est relativement moindre. Cependant à la fosse n^o 1 de Marles, on en a tiré 24,000 mètres cubes par jour, et le passage de ce niveau a duré près de deux ans. Une telle quantité d'eau n'a pu être extraite sans entraîner de l'argile et de la marne. Il s'est fait des vides autour du cuvelage. Un jour, après 10 ans d'exploitation, le puits s'est enfoncé tout d'un coup, entraînant machines et bâtiments.

13^o *Nappe des marnes blanches à Belemnites plenus*. — L'assise à *Belemnites plenus* n'existe que dans le sud du département du Nord, dans l'arrondissement d'Avesnes. Elle y est souvent à l'état d'argile ou de marne grise peu perméable, et alors elle ne contient pas de nappe aquifère. Mais sur la limite du département de l'Aisne, du côté de La Capelle, du Nouvion, de Guise, elle est à l'état de marne calcaire, dure, fissurée; par conséquent elle livre facilement passage à l'eau; les sources du ruisseau de Chevireuil près de Floyon en proviennent. Cette nappe est très intéressante parce qu'elle fournit les puits artésiens du Nouvion.

Un sondage fait dans la ville du Nouvion contre le ruisseau, a traversé les dièves et, à 50 mètres de profondeur, il a atteint une pierre très dure. Dès que cette pierre a été brisée par le trépan, l'eau a jailli et a coulé à la surface du sol. Actuellement elle se maintient à 1 mètre environ au-dessous du sol. Il s'en dégage des bulles d'un gaz qui est probablement de l'air. Dans les sources qui sortent des marnes blanches à *Belemnites plenus*, on voit toujours se dégager beaucoup de bulles d'air. Cette circonstance doit tenir à ce que la marne est très fissurée, dans les points où elle affleure.

14^o *Nappe des sables du Gault*. — Les sables qui fournissent cette nappe sont généralement à gros grains, aussi l'eau qui y est interposée est abondante et coule facilement. Ce serait une nappe aquifère de premier ordre, si elle était plus générale. Mais ces sables ne sont connus dans le département du Nord qu'aux environs de Fourmies et

de Valenciennes. Dans la première localité, l'eau est ferrugineuse, dans la seconde, l'eau est salée; c'est le *torrent*. Nous aurons occasion d'y revenir.

15° *Nappes dans les terrains primaires.* — Les nappes aquifères contenues dans les terrains primaires qui constituent la substruction de toutes les couches précédentes, sont très nombreuses, mais par cela même bien difficiles à énumérer. Par suite de la disposition des terrains primaires en couches inclinées, il est souvent difficile de décider si l'eau est contenue dans la zone brisée superficielle, ou si elle constitue une nappe parallèle aux strates, ou même, si elle circule dans une fissure perpendiculaire à la direction des bancs.

Il y a généralement une nappe aquifère à la tête du sol primaire. Laissant de côté les nombreuses sources qui en sortent, là où ce sol est à nu, ou n'est recouvert que par le limon, comme dans l'arrondissement d'Avesnes, je mentionnerai les sondages qui, à Lille ou aux environs, ont trouvé de l'eau en atteignant le Calcaire carbonifère. Je vous ai déjà parlé du puits de l'Hôpital-Militaire. Je vous en citerai un autre, d'après M. Menche de Loïse.

En 1789, on entreprit de rechercher la houille sur le plateau de Lesquin : on creusa un puits qui fut arrêté à une faible profondeur. Pourquoi ? Je n'en sais rien. En 1857, on reprit ce puits et on tomba, à 70^m de profondeur, sur une roche dure, le calcaire carbonifère. Dès qu'on y eut pénétré, l'eau survint en abondance, en montant à 20^m en contre-bas du sol. On établit une machine qui extrayait 8,480 m. c. par jour sans pouvoir épuiser le trou, qui fut abandonné.

A Bruxelles, à Ostende et dans bien d'autres localités de la Flandre Belge, on a des sondages qui vont chercher l'eau dans la partie superficielle des schistes siluriens.

Quant aux nappes aquifères proprement dites, c'est-à-dire aux nappes aquifères parallèles aux couches, elles sont trop peu connues pour être distinguées. Il suffit de signaler les assises de calcaire dolomitique qui sont généralement criblées de cavités et qui constituent des réservoirs aquifères. Certains sondages à Roubaix trouvent de l'eau dans la dolomie carbonifère; un autre à Neuville-en-Ferain, dans la dolomie frasnienne.

Il me reste encore à vous parler de quelques questions spéciales, qui n'ont pas trouvé place dans la série précédente.

Il s'agira d'abord des nappes aquifères de la craie que l'on a traversées dans les études entreprises pour le tunnel sous-marin, au sondage de Sandgatte près de Calais (1). Négligeant les nappes de la craie à *Tere-*

(1) De Lapparent et Potier. *Rapports présentés aux membres de l'Association sur*

bratulina gracilis et de la craie noduleuse à *Inoceramus labiatus*, qui correspond aux dièves du département du Nord, on rencontra en dessous une première nappe très abondante dans la partie supérieure de la craie à *Belemnites plenus*, entre 44 et 46 mètres de profondeur.

Une seconde nappe, un peu moins abondante, fut rencontrée entre 70 et 80 mètres, dans les couches à *Ammonites varians*. Elle correspond aux sources du Cren d'Escailles.

Une troisième nappe est celle des sables du Gault, que l'on rencontra à 106 mètres de profondeur et qui se montra aussi très aquifère.

Par contre, les couches de craie situées entre la 2^e et la 3^e nappe sont presque imperméables ; c'est dans leur intérieur que l'on devait percer le tunnel.

La craie du Blanc-Nez s'enfonce à l'est sous la côte de la Flandre. Au puits artésien d'Ostende, on a trouvé la craie à la profondeur de 208 mètres et on l'a traversée sur 90 mètres d'épaisseur. Mais la craie d'Ostende correspond probablement à la craie supérieure du Blanc-Nez ; les niveaux aquifères n'y existent pas. Les couches crétacées inférieures du Blanc-Nez disparaissent donc peu à peu vers l'est, en commençant par les plus anciennes.

En discutant l'épaisseur probable de la craie dans la Flandre (1), je suis arrivé à croire que la première nappe aquifère de Sandgatte doit se trouver, à Dunkerque, à une profondeur de 147 mètres au-dessous du niveau supérieur de la craie. Or, dans les différents sondages qui ont été faits dans la Flandre, on a rencontré la craie à 166 mètres à Bourbourg. On la trouverait probablement à Dunkerque à 184 mètres, ce qui porterait la position de la nappe aquifère respectivement à 213 et à 331 mètres. La seconde nappe serait située 30 mètres et la troisième 40 mètres plus bas.

On peut donc espérer trouver dans les Flandres des nappes profondes dans le terrain crétacé. Ce ne sont pas les seules ; on trouverait encore en dessous d'elles la nappe aquifère qui est à Ostende à la tête du terrain silurien. Enfin au-dessus de la craie, dans les sables landeniens, il y a une nappe aquifère, qui alimente déjà quelques forages.

Vers l'autre extrémité du département du Nord, on a fait un autre sondage profond, qui a aussi un grand intérêt et qui nous révèle qu'il y a dans le voisinage des nappes aquifères importantes. Ce sondage a été fait au N. de Guise par M. Godin, directeur du Familistère (2).

les explorations géologiques faites en 1875 et 1876 pour le chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre, p. 42.

(1) Gosselet. *Puits artésiens dans les Flandres*. Ann. Soc. géol. du Nord IX, p. 71.

(2) Gosselet. *Sondage fait à Guise par M. Godin*. Ann. Soc. géol. du Nord VI, p. 104 et 211.

Son ouverture, située dans la craie *Micraster breviporus*, est à 27 mètres au-dessus du niveau de la mer. Comme il était fait dans l'intention de trouver du charbon, on a négligé de déterminer les venues d'eau qui se produisaient à chaque étage. Après avoir traversé 147 mètres de terrain crétacé, on a rencontré de l'argile, probablement oxfordienne. A 224 mètres, dans le calcaire blanc oolitique, l'eau a jailli au-dessus du niveau du sol; elle était retenue dans le calcaire blanc bathonien, par les marnes et le calcaire marneux du *Fuller's Earth*.

Il serait possible que ces diverses couches jurassiques allissent passer sous l'extrémité S. O. du département, entre Cambrai et le Catelet.

7^e LEÇON.

Eaux minéralisées.

L'eau en circulant dans l'intérieur du sol peut s'y charger de substances minérales qui en changent la nature et les usages; elle se transforme en eau minérale. Dans notre région il y a bien peu d'eaux qui contiennent une assez grande quantité de matières étrangères pour mériter ce titre; aussi je désignerai sous le nom plus général d'eaux minéralisées celles dont la composition donne lieu à des considérations intéressantes.

On peut les diviser en eaux calcaires, ferrugineuses, sulfureuses, salées et alcalines.

Eaux calcaires : Toutes les eaux qui traversent la craie contiennent une petite quantité de carbonate de chaux; elles sont crues, cuisent mal les légumes, sont rebelles à la dissolution du savon. Ce ne sont pas pour cela des eaux minérales, ni même minéralisées. Mais lorsque l'eau, qui coule à travers la craie, contient une quantité notable d'acide carbonique, elle peut dissoudre plus facilement le carbonate de chaux. Le sel se dépose plus tard lorsque l'acide carbonique se dégage; l'eau est donc incrustante.

Il n'y a toutefois dans notre région aucune source qui puisse rivaliser avec celles de St Allyre, dont les pétrifications sont si célèbres, attendu que les causes qui chez nous produisent l'acide carbonique sont toutes extérieures et peu puissantes.

L'eau se charge d'acide carbonique en traversant l'atmosphère sous

forme de pluie; elle en trouve aussi dans la partie superficielle du sol; où se condensent les produits de la décomposition des corps organiques.

De telles eaux ne peuvent dissoudre que des quantités relativement faibles de carbonate de chaux. Néanmoins elles le laissent déposer en venant à l'air dans les cours d'eau, dans les marais, ou même dans les nappes aquifères superficielles.

Les *Unios* de l'Oise près de Compiègne sont généralement encroûtés de carbonate de chaux concrétionné.

On trouve fréquemment de la craie fendillée, dont tous les fragments ont été réunis et rejointoyés par du carbonate de chaux concrétionné, les morceaux de craie ont eux-mêmes été pénétrés par le ciment calcaire et ont acquis une dureté plus grande. Voici un fragment de cette craie fragmentaire solidifiée, que j'ai recueilli contre la porte de derrière de l'ancienne abbaye de Vaucelles.

Il semble qu'à une époque très ancienne, mais géologiquement récente, ces dépôts de carbonate de chaux aient été plus nombreux. Voyez cette roche spongieuse grise recueillie, par M. Debray, dans les tourbières d'Haveluy; elle est composée de tourbe dont chaque brindille est enfermée dans un étui calcaire. Elle a dû se former aux dépens d'une couche tourbeuse sur laquelle a coulé de l'eau incrustante. M. Debray y a trouvé des monnaies romaines à l'effigie de Domitien et d'Hadrien.

Le sable grossier désigné sous le nom de *fond de mer*, aux environs de St-Omer, est uniquement formé de petites concrétions calcaires, qui ont dû, à une certaine époque, se produire en très grande quantité dans la vallée de l'Aa. On y a trouvé un tombeau gallo-romain complètement enveloppé et recouvert par ces concrétions.

M. de Mercey a aussi reconnu qu'il s'est formé dans la vallée de la Somme, à l'époque gallo-romaine et peut-être à l'époque gauloise, des alluvions calcaires et des tufs, indiquant qu'il y avait alors de nombreuses eaux incrustantes.

Si donc les eaux calcaires sont actuellement peu nombreuses, elles l'étaient davantage, il y a deux mille ans.

Eaux ferrugineuses : Il n'y a guère dans le département du Nord qu'une seule source qui possède le nom de ferrugineuse. C'est celle de Féron. Elle sort des sables du Gault (sables aachéniens) (1). Ces sables

(1) En Belgique ces sables font partie du nouvel Étage Bernissartien. Ces sables ne peuvent se confondre avec ceux d'Aix-la-Chapelle, dont l'âge est beaucoup moins ancien.

(Note ajoutée pour la réimpression.)

sont remplis de limonite (sesquioxyde de fer hydraté), qui constitue de grosses concrétions à la base du sable ou qui forme autour de chaque grain de quartz une enveloppe ferrugineuse.

Dans nos excursions sur les bords de la Meuse, nous avons l'habitude d'aller voir la fontaine ferrugineuse de Laifour. Elle sort d'une brèche ferrugineuse, qui remplit une cavité des schistes cambriens. Ces brèches ferrugineuses sont très nombreuses dans l'Ardenne ; on en trouve le long des petits ruisseaux et dans les fentes des rochers. Le fer dont elles sont imprégnées provient de l'oxydation de la pyrite ou sulfure de fer qui remplit les schistes.

C'est probablement à la même origine qu'il faut attribuer le fer contenu dans l'eau de Spa. Quant à l'acide carbonique que ces eaux renferment en assez grande quantité, quelques géologues sont disposés à y voir le résultat d'émanations venues de l'intérieur, comme les nombreux dégagements du même gaz, que l'on observe au Laacher-See et dans d'autres points de la Prusse Rhénane. Mais il se pourrait que l'acide carbonique des eaux de Spa, fût uniquement emprunté aux décompositions organiques produites dans les tourbières des Hautes-Fanges.

Eaux sulfureuses : Notre département est assez riche en eaux sulfureuses. Celles de St-Amand sont célèbres par les cures qu'elles produisent. On en trouve aussi à Marchiennes et à Meurchin. Parlons d'abord des premières, en prenant pour guide le beau travail de M^r. Roger Laloy (1).

Les eaux de St-Amand sourdent par plusieurs ouvertures dans un endroit désigné sous le nom de Fontaine Bouillon. Elles ont une température de 23° et une teneur variable en acide sulfhydrique et en sulfure. L'eau des boues contient, d'après les analyses faites par M. Berstech, une moyenne de 0 gr. 0030 par litre d'hydrogène sulfuré. Le sol tourbeux qui entoure l'établissement en contient beaucoup plus (0,042). Il semble que le gaz se condense dans ce sol poreux rempli de débris organiques.

L'origine des eaux sulfureuses de St-Amand est un problème géologique qui suscite plusieurs hypothèses.

L'abondance relative de l'acide sulfhydrique dans les couches superficielles avait porté à croire qu'il provenait de l'altération des matières organiques qui y sont contenues, mais je viens de vous dire que ces couches superficielles jouent le rôle de condensateur et non de producteur.

(1) R. Laloy. Recherches géologiques et chimiques sur les eaux sulfureuses du Nord. 1873.

Sous elles, on trouve des sables landeniens, gris ou verdâtres, souvent argileux. Ils sont très aquifères; les eaux qui en sortent ne contiennent pas d'acide sulfhydrique, ni de sulfure. Ce sont des eaux ordinaires qui viennent se mêler aux eaux sulfureuses et en diminuent la richesse. On avait supposé que, vers la base de ces sables, il y avait des argiles lignitifères et pyriteuses, où les eaux eussent pu se charger de sulfure; mais les divers sondages qui ont été faits dans l'établissement et à quelques centaines de mètres au nord, au Petit-Château, s'ils ont révélé la présence d'une argile (argile de Louvil), n'ont pas rencontré de lignites. Un puits, creusé contre l'établissement, a atteint la craie à 17 mètres de profondeur; on l'a prolongé par un sondage bien cimenté et, à 21 mètres, on a obtenu de l'eau jaillissante, qui a une odeur sulfureuse très prononcée. Ainsi l'origine du sulfure doit être cherchée au-dessous du terrain tertiaire, soit dans la craie, soit dans les terrains primaires.

Le sondage du Clos, situé à St-Amand, à 3 kilomètres de la fontaine Bouillon, a donné la solution du problème. Après avoir traversé le sable, l'argile, la craie et le tourtia, on a atteint vers 120 mètres le Calcaire carbonifère. L'eau sulfureuse a jailli alors en quantité. Plusieurs autres sondages, faits aux environs de St-Amand et de Marchiennes, ont donné de l'eau sulfureuse dans les mêmes conditions. On doit donc admettre que l'eau sulfureuse de St-Amand provient du terrain carbonifère.

La source sulfureuse de Meurchin fut découverte en 1865. On creusait une fosse pour l'extraction de la houille; à 240 mètres de profondeur, on établit une galerie horizontale, qui ne tarda pas à rencontrer un calcaire, que l'on prit pour le calcaire carbonifère; aussitôt jaillit une source d'eau chaude et sulfureuse; on parvint à la boucher et on continua le travail; une autre source bien plus abondante se déclara. Il sortait jusqu'à 20,000 hectolitres par jour; il fallut abandonner le puits. La température de cette eau est de 40° à 200 mètres de profondeur; elle renferme par litre 0 gr. 031 d'hydrogène sulfuré.

Quelle circonstance peut produire de telles eaux?

Il existe entre le calcaire carbonifère et le terrain houiller productif une assise désignée souvent sous les noms de terrain houiller inférieur ou de zone à *Productus carbonarius*.

Elle est formée de grès, de schistes simples et de schistes pyritifères. La quantité de pyrite y est quelquefois si considérable, qu'on les a exploités aux environs de Liège pour la fabrication de l'alun et de l'acide sulfurique. C'est certainement dans cette assise que les eaux de St-Amand et de Meurchin puisent leurs matières sulfurées. Si on les

rencontre après avoir traversé le calcaire, c'est qu'il existe à la partie supérieure de l'assise à *Productus carbonarius* des bancs de calcaire encrinétique, que l'on a confondus avec le véritable calcaire carbonifère.

La température de 40° qu'a la source de Meurchin et encore celle de 23° que possède l'eau de Saint Amand n'est pas en rapport avec la faible profondeur de la couche d'où elles sortent. La constitution géologique très régulière du terrain ne permet guère de supposer que l'eau a parcouru un trajet beaucoup plus profond. Il y aurait donc lieu de faire appel aux phénomènes chimiques pour expliquer sa température. Elle pourrait être le résultat de l'oxydation des pyrites, sous l'influence des eaux aérées, qui descendent dans les schistes du houiller inférieur.

Je ne puis quitter ce sujet des eaux sulfureuses sans vous parler de celles que produisent temporairement certains puits creusés dans la craie.

On trouve dans la craie à tous les niveaux ces grosses boules jaunes de pyrite qui font souvent naître de belles espérances dans l'esprit des ignorants (ignorants en géologie bien entendu, car les personnes dont je parle peuvent être très savantes sous d'autres rapports). Elles prennent la pyrite pour un minerai de cuivre, voire même quelquefois pour de l'or.

Examinez tous ces nodules de pyrite ; je les ai tous ramassés bien beaux, bien brillants et je les ai placés dans la collection. En voici un qui est terni, cet autre est fendillé ; pour peu que j'y donne un léger coup il va se briser et vous montrera la structure intérieure fibreuse et radiée, qui existe dans tous ces nodules. En voici un autre qui s'est brisé spontanément. Sur cet autre, plus ancien encore, chaque fragment est couvert d'une efflorescence blanche, au goût styptique, que vous reconnaîtrez facilement pour du sulfate de fer ; en même temps la boîte qui le contient est rongée. J'en jette les débris et je place les fragments de pyrite altérée dans un bocal, où vous voyez superposée une série de nodules de pyrite qui ont subi successivement le même sort ; ils sont entièrement désagrégés, décomposés, transformés en une poudre grise ou noirâtre, couverts d'efflorescences blanches ou jaunes, car dans les parties profondes, où l'air a peu d'accès, il se produit du soufre.

Ce qui se passe dans nos collections se produit aussi dans la nature. Dès que les pyrites ont l'accès de l'air, elles s'altèrent ; une partie du soufre se transforme en sulfates solubles : sulfate de fer, sulfate de chaux aux dépens de la craie ; sulfate de potasse ou de soude avec les carbo-

nates que l'eau a en dissolution ; il reste un squelette d'oxyde de fer hydraté. Ce sont ces boules jaunes très fragiles, que nous rencontrons dans les couches superficielles de la craie.

Si à côté d'un puits, il se trouve un gros nodule de pyrite il subit le même sort et il s'altère d'autant plus vite, qu'il s'établit sous l'influence de la pompe une circulation d'eau plus active. Il y aura donc des sulfates dans l'eau du puits. A cela, il n'y a pas grave inconvénient. Mais si au lieu d'un puits, c'est un forage avec une buse en bois, comme presque tous les forages de notre pays, la matière ligneuse décomposera le sulfate, le réduira et produira de l'hydrogène sulfuré qui communiquera à l'eau une odeur désagréable. Il n'y a qu'un remède à cet inconvénient : la patience. Au bout d'un certain temps, le nodule de pyrite sera complètement oxydé et l'eau redeviendra bonne.

Eaux salées : Je vous ai parlé dans le dernier cours du *torrent* d'Anzin. C'est un sable à gros grains, très aquifère et qui a présenté de grandes difficultés pour le creusement des premiers puits dans la région d'Anzin. C'était comme un vaste lac souterrain de 2,450 hectares. La Compagnie d'Anzin chercha à l'épuiser. Pendant 20 ans, on en a extrait annuellement 800,000 m. c. d'eau, de sorte que sa superficie est actuellement réduite à 1,300 hectares. Elle pourra diminuer encore ; car le *torrent* ne reçoit que très peu d'eau de l'extérieur ; il est en effet préservé des infiltrations du dessus par la couche imperméable des dièves.

M. Pésier, le savant chimiste de Valenciennes, reconnut que l'eau du torrent est salée. Elle contient près de 7 grammes par litre de chlorure de sodium. Quelle est l'origine de ce sel !

On a d'abord cru que ces eaux salées venaient de la mer ; qu'il y avait communication souterraine et large communication entre l'Océan et les sables d'Anzin. On en donnait comme preuve les bois silicifiés, trouvés dans le sable ; ce seraient des débris de navires naufragés !! Je n'oserais vous répéter cette plaisanterie, si elle n'avait été imprimée sérieusement dans une revue scientifique. C'est l'équivalent du siphon de Laon. De telles idées démontrent combien des personnes, même instruites, se rendent peu compte du mode de circulation de l'eau dans le sol.

Delanoue, dont le nom se retrouve toujours quand on fait l'histoire des questions géologiques qui intéressent le département du Nord, était disposé à rapporter la salure du torrent au voisinage du terrain triasique (1). Il rappelait, à la suite d'Antoine Passy et d'Élie

(1) Delanoue. Bull. Soc. Géol. de France. 2^e série X, p. 235.

de Beaumont (1), qu'un puits creusé à Meuliers en 1806, avait été noyé par une irruption d'eau salée. M. Gaudry (2) fit observer avec beaucoup de raison qu'il n'y avait pas trace de Trias autour d'Anzin.

On savait aussi que les eaux des schistes houillers étaient salées, mais on croyait que c'était le résultat des infiltrations venant du *torrent*. M. Malherbe, ingénieur des mines à Liège, reconnut que les eaux de certaines houillères du pays de Liège étaient salées, bien qu'elles ne fussent pas recouvertes par le *torrent*. Il en conclut que les roches de l'étage houiller contiennent du chlorure de sodium. M. Cornet s'assura qu'il en était de même dans le Borinage. M. Laloy a étudié la question avec beaucoup de soins dans les houillères du Nord (3). Il constata que l'eau du *torrent* contient une énorme quantité de sulfate de fer provenant de l'altération des pyrites qui y sont contenues et qu'elle renferme aussi des proportions importantes de sulfate de soude et de chlorure de sodium. La proportion de chlorure de sodium du *torrent* est proportionnée à celle des schistes houillers sous-jacents et toujours en quantité un peu moindre. Il n'a pas trouvé de sel dans les grès houillers compacts; il croit que si certains grès renferment un peu de chlorure, ils le doivent à l'eau qui les imprègne. L'eau salée serait renfermée dans les fissures du terrain houiller et serait les restes des anciennes mers carbonifères. C'est aussi l'opinion de M. Cornet. M. Laloy cite, à l'appui de sa théorie, ce fait que la quantité de chlorure de sodium d'une fosse diminue progressivement. En 1840, l'eau de la fosse du Tinchon contenait 9 grammes, 101 de chlorure par litre; en 1873, elle n'en contenait plus que 8 grammes, 428.

Eaux alcalines. Les eaux profondes, atteintes par quelques sondages, contiennent des quantités de soude importantes. D'après M. Meugy, l'eau obtenue à l'Hôpital militaire est légèrement alcaline; évaporée à sec, elle a laissé un résidu de 0 gr., 1 par litre, consistant presque entièrement en bicarbonate de soude et en chlorure de sodium.

Selon des communications qui m'ont été faites par M. Violette, Doyen de la Faculté des Sciences de Lille, beaucoup d'eaux profondes des environs de Lille sont très riches en sels de soude.

A Armentières, dans un sondage, qui est dans le terrain créacé, mais qui s'est probablement approché du calcaire carbonifère, l'eau contient par litre 0 gr. 534 de soude à l'état de chlorure, de carbonate

(1) Elie de Beaumont. *Explication de la Carte géologique de France*. 1, p. 729.

(2) Gaudry. Bull. Soc. Géol. France, 2^e série, p. 237.

(3) Meugy. Mém. Soc. Sciences de Lille 1852, p. 1.

ou de sulfate. On a aussi trouvé de la soude dans la craie aux environs de St-Omer. Enfin l'eau obtenue dans le forage d'Ostende à 310 mètres de profondeur dans les schistes cambriens, renferme par litre 0 gr. 7181 de carbonate de soude.

Comment expliquer la présence de la soude dans ces eaux si diverses.

Tous ces sondages sont trop loin du Trias salifère, si même il existe dans le bassin de Paris, pour que l'on puisse attribuer leur salure au voisinage d'un dépôt de sel-gemme.

En supposant que les eaux de la mer arrivent par infiltration dans les sondages d'Ostende et de St-Omer, on ne comprendrait pas comment elles peuvent atteindre Armentières et Lille. Du reste l'absence de magnésie dans ces eaux profondes doit faire écarter cette seconde hypothèse.

S'agirait-il du reste de mers anciennes comme pour les eaux salées du terrain houiller (1) ? Pourquoi alors le fait n'est-il pas général et pourquoi tous les sondages qui pénètrent un peu profondément dans des terrains formés au sein des mers ne donnent-ils pas d'eau alcaline ?

Tant que je ne connaissais le fait que dans les environs de Lille, je me demandais si ces eaux sodées ne seraient pas des eaux industrielles et ménagères, modifiées par une filtration lente à travers la craie. Mais les sondages de St-Omer et d'Ostende sont loin de toute agglomération.

Bref, la question des eaux alcalines dans quelques sondages profonds n'est pas expliquée. Je vous sou mets le problème, en vous invitant à réunir tous les faits de ce genre. Lorsqu'ils seront plus multipliés, leur discussion permettra peut-être d'arriver à une solution.

Dans mes prochains cours, nous allons aborder d'autres problèmes et examiner comment l'eau a pu former les couches qui constituent le sol.

(1) Toutefois l'eau sulfureuse de Meurchin, dont il a été question précédemment et qui contient une grande quantité de soude à l'état de chlorure et de sulfate, peut devoir ces derniers sels à de l'eau provenant des couches de houille intercalées dans le Houiller inférieur.

TABLE DES MATIÈRES

DU

COURS DE M. J. GOSSELET

Sur les nappes aquifères du Nord de la France.

	PAGES.
1 ^{re} Leçon. Introduction	3
2 ^e — Nappes aquifères. — Nappes aquifères superficielles	9
3 ^e — Nappes aquifères profondes	18
4 ^e — Nappes aquifères dans les terrains en couches inclinées. Eaux artésiennes	25
5 ^e et 6 ^e — Nappes aquifères du Département du Nord	30
1 ^o Nappe des dunes	31
2 ^o Nappe aquifère des sables de Bourbourg	31
3 ^o Nappe du limon	31
4 ^o Nappe du diluvium	32
5 ^o Nappe des sables de Diest	32
6 ^o Nappe des sables de Cassel	32
7 ^o Nappe des sables de Mons en Pevèle	32
8 ^o Nappe des sables landeniens.	33
9 ^o Nappe de la craie	33
10 ^o Nappe du Tun	34
11 ^o Nappe de la craie à Cornus	34
12 ^o Nappe aquifère des Marlettes	34
13 ^o Nappe des marnes blanches à <i>Belemnites plenus</i>	35
14 ^o Nappe des sables du Gault	35
15 ^o Nappes dans les terrains primaires	36
7 ^e — Eaux minéralisées	38