

ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE DES GALERIES D'EAUX ALIMENTAIRES DE LA VILLE DE LIÈGE

PAR

E. Van den Broeck et A. Rutot

Conservateurs au Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique.

PLANCHES IX ET X.

Lors des explorations géologiques que l'un de nous a faites, dans ces dernières années, pour le levé de la Carte géologique du Royaume dans la région au Nord-Ouest de Liège, il eut parfois l'occasion de recueillir quelques renseignements isolés sur la coupe géologique fournie par les puits, alignés entre Lantin et Hogoul, qui jalonnent la galerie des eaux alimentaires de la ville de Liège. Ces renseignements, quelque incomplets qu'ils fussent, permettaient cependant d'apprécier de quelle utilité eût été la connaissance des données géologiques fournies par l'établissement de cette galerie de drainage, dont le développement est considérable. Comme il n'existe pas dans les publications administratives, techniques ou scientifiques, de travail d'ensemble exposant ou permettant d'apprécier la constitution géologique détaillée du terrain parcouru par le réseau complet des galeries alimentaires déjà creusées à cette époque, il fallut remettre à plus tard les recherches que nous avons en vue d'effectuer à ce sujet (1).

Or l'occasion de poursuivre ces recherches vient de se présenter, car la mission que le Gouvernement a bien voulu nous confier, en nous chargeant de l'étude géologique et hydrologique des terrains sur

(1) Le seul travail scientifique publié, à notre connaissance, sur le point qui nous occupe, est le beau Rapport préalable présenté en 1856 à la ville de Liège par M. l'Ingénieur Gustave Dumont, rapport qui élaborait le projet dont l'exécution, décrétée peu de temps après, a valu à l'agglomération liégeoise son alimentation actuelle en eau potable.

lesquels doivent s'élever les nouveaux forts de la Meuse, nous a astreints à nous entourer de tous les renseignements possibles afin de mener ce travail à bonne fin.

Nous n'avons pas à nous occuper ici des relations existant entre la galerie des eaux alimentaires de la ville de Liège et les questions d'emplacement, de défense ou d'alimentation des forts ; mais nous pensons qu'il serait regrettable de laisser enfouies dans des documents administratifs les intéressantes coupes de terrains qu'il nous a été possible de dresser et qui fournissent à la constitution géologique et à l'hydrologie de la région considérée un apport précieux, qu'il convient de mettre en lumière.

Pour être à même d'obtenir des indications précises relatives au travail que nous désirions connaître dans ses résultats techniques et scientifiques, nous nous sommes tout d'abord adressés à l'Administration communale de la ville de Liège, qui, par l'obligeant intermédiaire de M. Alb. Mahiels, Directeur des travaux de la ville, ainsi que de M. L. Brouhon, Ingénieur des eaux de la ville de Liège, nous a fourni un ensemble de matériaux et de renseignements extrêmement utiles.

Grâce à ces Messieurs, dont nous nous plaisons à reconnaître ici l'obligeante courtoisie, nous avons été mis en possession de coupes manuscrites, de renseignements divers sur le tracé des galeries, sur l'emplacement des puits, etc. De plus, ils ont mis à notre disposition les années 1864 à 1867 du Bulletin administratif de la ville de Liège, volumes dans lesquels on trouve quantité de renseignements, répartis en Rapports trimestriels, sur l'état d'avancement du travail pendant la période correspondante.

A ce sujet, nous avons plus d'une fois regretté la non publication de Rapports semblables relatifs à la suite des travaux, qui se continuent encore actuellement en vue de prolonger les galeries et d'en augmenter le débit.

Pour combler certaines lacunes et surtout afin d'arriver à donner à nos tracés graphiques toute la précision désirable, nous nous sommes ensuite adressés à M. l'Ingénieur L. Brixhe, de Liège, l'auteur des Rapports publiés dont il a été question ci-dessus. Les précieux renseignements techniques, ainsi que la communication du tableau détaillé des cotes et des profondeurs des puits, des épaisseurs de terrain, des hauteurs d'eau rencontrées, etc., que nous devons à M. L. Brixhe, nous ont été d'un grand secours, et nous remercions d'autant plus l'honorable ingénieur de sa précieuse collaboration qu'il a dû se livrer à de minutieuses et longues recherches pour rassembler les éléments de ce tableau, qui sera fourni plus loin, comme document à l'appui de l'interprétation géologique des coupes figurées.

L'honorable Vice-Président de la Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, M. J. Van Scherpenzeel-Thim, Directeur général honoraire des Mines, a bien voulu, de son côté, mettre à notre disposition une carte hydrologique de la région au Nord de Liège, ainsi qu'une bonne coupe géologique du premier tiers de la galerie principale, partant d'Ans, où se trouve le réservoir des eaux alimentaires.

Nous nous sommes enfin adressés à l'entrepreneur actuel du prolongement Ouest des galeries, M. Désiré Seutin, qui nous a fourni, avec la plus grande obligeance, tous les renseignements nécessaires pour étendre nos coupes jusqu'au point actuellement atteint par les travaux en cours d'exécution.

En réunissant les divers renseignements obtenus de cette manière, en nous basant sur les coupes, tableaux et chiffres mis à notre disposition et qui se vérifient les uns les autres, nous sommes parvenus à dresser très aisément et avec une grande précision, les coupes détaillées de la portion de terrain comprise entre le sol et le fond des galeries, dans toute l'étendue de celles-ci. Nous avons également pu indiquer, sur une carte à l'échelle du 1/40000, le tracé précis des galeries et mettre ainsi en relief leurs relations topographiques avec les coupes figurées.

CHAPITRE I^{er}

Des anciennes conditions d'alimentation de la ville de Liège.

Pendant longtemps, l'alimentation en eaux potables de la ville de Liège est restée insuffisante et défectueuse. La situation de cette vaste agglomération est par elle-même peu favorable, car la majeure partie des habitations sont, soit, au centre de la vallée, établies sur les alluvions de la Meuse ou sur des remblais et des décombres ayant servi à combler d'anciens bras du fleuve, soit, sur les flancs des coteaux, bâties sur le terrain houiller, fortement drainé par les travaux miniers, très développés dans toute cette contrée.

Une petite partie des faubourgs du Nord est établie sur le sol limoneux à substratum crétacé, aquifère, qui constitue ici la seule disposition de couches favorable à l'établissement d'une nappe souterraine d'eau potable de quelque importance.

Il semblerait que les eaux pluviales, tombant sur le plateau étendu qui domine, au Nord, la vallée de la Meuse, doivent descendre vers celle-ci et fournir les bases d'une alimentation directe, dont pourrait profiter la ville ; mais cette circonstance ne se réalise nullement parce

que le vaste bassin houiller, au centre duquel est creusée la vallée, est surmonté, au Nord, d'un manteau continu d'argile imperméable, d'âge crétacé qui, partant d'un niveau situé à 75 mètres environ au-dessus du niveau de la Meuse, s'abaisse progressivement vers le Nord et fait écouler toutes les eaux souterraines vers le profond sillon de la vallée du Geer, à trois lieues au Nord de Liège.

Réduite aux ressources immédiates du site environnant, l'alimentation, en eaux potables, de la ville se basait, il y a encore une trentaine d'années,

1° Sur les eaux de la nappe superficielle du fond de la vallée, c'est-à-dire des alluvions de la Meuse.

2° Sur le débit de quelques sources, peu développées et peu nombreuses, descendant vers la vallée.

3° Sur le produit d'anciennes arènes ou galeries de drainage, desséchant, pour les besoins de l'exploitation, les massifs houillers des hauteurs avoisinant la ville.

4° Sur le débit de quelques galeries alimentaires, peu importantes et de dimensions moyennes, creusées sur le plateau, à proximité de la ville, dans le terrain crétacé aquifère.

Il est facile de s'assurer que cette alimentation, à éléments hétérogènes et à débit variable et forcément minime, ne pouvait suffire aux besoins d'une agglomération importante, destinée à devenir sans cesse plus dense et plus considérable.

A cet effet, examinons rapidement ces divers apports :

Il a été de tous temps constaté de grandes différences dans la qualité de l'eau des puits, même très rapprochés, les uns des autres, s'alimentant dans les graviers de la Meuse. Les alignements de décombres et de déblais qui sillonnent, sous le sol de la ville, la zone d'alluvion graveleuse; le voisinage d'habitations, dont les résidus de toute nature empoisonnent la nappe aquifère superficielle; les réactions chimiques qui, s'emparant du sulfure de fer du terrain houiller, l'amènent à charger de sulfate de chaux les eaux d'arène qui s'écoulent vers le fond de la vallée pour rejoindre la nappe superficielle : tout tend à contaminer fortement l'eau d'une partie des puits de la ville basse. Par contre, l'imperméabilité dûment constatée au sein de certaines zones plus profondes du gravier de Meuse, donne lieu à des phénomènes d'isolement de nappes ou de veines liquides parfaitement potables et il est arrivé que parfois, grâce à la profondeur plus grande de puits situés en des points où le gravier de Meuse fournissait aux alentours des eaux équivoques, des venues d'eau parfaitement pures et potables ont pu être

constatées. Les crues du fleuve, en provoquant des différences sensibles de pression, ont cependant parfois rompu l'équilibre ainsi que l'isolement des veines liquides, sur lesquelles on ne peut d'ailleurs compter pour une alimentation régulière et considérable, surtout lorsqu'on quitte les régions du fond de la vallée.

Les sources qui s'échappent soit de la crête du terrain imperméable que borde la vallée, soit des anciennes exploitations minières, lesquelles ont, en perçant ce terrain imperméable, permis à la grande nappe du Nord de trouver quelques issues accidentelles vers la Meuse, sont, ou bien peu importantes, ou bien alimentées par des eaux plus ou moins nuisibles, à rejeter de toute alimentation recommandable.

Les arènes, qui tendent à s'obstruer et à diminuer sans cesse de débit, sont dans le cas des sources de la catégorie précédente, ou tout au moins leurs eaux sont dures, indigestes et impropres à la cuisson des aliments. L'altération des boisages restés dans les anciens travaux houillers a même été signalée comme étant l'origine des matières organiques contenues dans certaines de ces eaux d'arène.

Les progrès en profondeur de l'exploitation houillère tendent à rabattre sans cesse le niveau des eaux drainées et amenées dans la vallée par les arènes, et cette circonstance en a même fait tarir plusieurs. Autrefois, alors que ces eaux étaient à peu près les seules employées, des édits spéciaux veillaient à la conservation du produit des arènes. Quelques unes d'entre elles furent même mises en garde de loi, comme celles de la *Cité*, de *Messire Louis Douffet* et de *Richon Fontaine*; ce qui n'empêcha point la première, fort importante autrefois, de tarir, il y a moins d'un demi siècle. Cinq autres arènes alimentaient encore, concurremment avec les précédentes, les fontaines de la ville. Ce sont celles de la *Haille*, de l'*Official*, du *Thier-de-la-Fontaine*, de *Saint-Lambert* et de *Gerçon-Fontaine*.

Les six arènes qui, il y a trente ans, apportaient à Liège les eaux des hauteurs, fournissaient à grand peine à cette époque 700 mètres cubes par jour d'une eau contenant de 1 à 1 1/2 grammes de matières salines par litre. Actuellement leur débita encore sensiblement diminué. C'est assez dire le peu de fond que l'on peut faire sur ce mode d'alimentation.

Si nous passons aux galeries creusées dans le terrain crétacé, sur les hauteurs qui avoisinent Liège et qui sont au nombre de six, nous constatons que l'eau fournie est de bonne qualité et des plus recommandables pour l'alimentation.

Nous avons figuré en noir sur la carte qui accompagne ce travail (voir pl. IX) le tracé de trois des plus importantes de ces galeries de

drainage, qui s'alimentent au sein du terrain crétacé, dans la grande nappe hesbayenne qui descend vers le Nord. On voit, vers l'Ouest, s'étendre la galerie de *Coq-Fontaine*, longue d'environ 2800 mètres et qui, avant l'exécution des grands travaux de drainage dont le tracé est figuré en rouge sur la carte, fournissait en moyenne un millier de litres par minute.

La galerie du *Grand Rewe*, qui s'étend au Nord d'Ans, sur environ deux kilomètres de longueur, fournissait un débit un peu plus élevé que la précédente et ses eaux étaient surtout destinées à alimenter une série d'usines échelonnées sur son parcours.

La galerie *Roland*, qui s'étend, à peu près parallèlement à la précédente, à l'Ouest de la Citadelle, a environ 1600 mètres de longueur et elle présente quelques embranchements destinés à augmenter la venue des eaux.

Son débit maximum n'a jamais atteint 200 litres par minute.

Les galeries de *Glain* et de *Ster*, non figurées sur la carte, sont de minime importance et n'ont pu fournir plus d'une dizaine de litres par minute.

La sixième et dernière galerie, celle de *Saint-Laurent*, qui s'étend à l'Ouest de Liège, un peu en dehors du cadre de notre carte, a environ 1400 mètres de long et fournissait, suivant la saison, un débit de 40 à 80 litres par minute. Si l'on additionne le produit des six galeries alimentaires qui ont été spécialement creusées pour l'alimentation en eau potable de l'agglomération, on arrive à constater que ce réseau produisait environ 1000 mètres cubes par jour.

En réunissant les diverses ressources aquifères qui viennent d'être énumérées et qui, il y a trente ans, devaient résoudre le difficile problème d'alimenter l'agglomération liégeoise, on voit qu'il y avait là un état de choses d'autant plus déplorable, qu'à diverses reprises la ville de Liège, cruellement éprouvée par des épidémies meurtrières, avait dû ce surcroît d'infortune à l'insalubrité et à l'insuffisance de ses eaux, facteurs d'où dépend au premier chef la santé des habitants, la propreté des habitations et l'état de prospérité générale. C'est ce que l'Administration communale comprit en mettant bientôt la question à l'étude.

Après avoir fait examiner la question au point de vue technique et géologique, l'Administration reconnut que le plan le plus rationnel consistait à drainer, à une assez grande distance au Nord de la ville, le massif aquifère de craie compris entre les vallées de la Meuse et du Geer, et d'établir les galeries absorbantes dans la direction Est-Ouest, perpendiculaire au sens d'écoulement de la nappe aquifère, qui descend

vers le Nord. Une galerie collectrice descendant au Sud, vers Liège, devait ramener les eaux en contre-bas, sur les bords des coteaux de la Meuse, d'où se ferait la distribution avec une pression considérable.

Ce projet, parfaitement rationnel, a été exécuté tel qu'il avait été exposé par M. Gustave Dumont, le savant ingénieur qui l'a conçu et développé dans un rapport préalable présenté à l'Administration en 1856 et qui traite la question avec tous les détails qu'elle comporte. C'est de ce rapport remarquable, intitulé : *Des eaux alimentaires de la ville de Liège*, (gr.in-8° de 109 pages av. 5 planches; publié chez N. Redouté, à Liège) que nous avons extrait une partie des renseignements qui précèdent sur l'ancienne alimentation de la ville de Liège.

CHAPITRE II

De la constitution du sol dans la région traversée par les galeries des eaux alimentaires.

Avant d'entrer dans les détails techniques du travail de drainage, qui bien qu'en voie d'extension nouvelle, fournit déjà à l'agglomération liégeoise de 10,500 à 14,000 mètres cubes de bonne eau potable par 24 heures, et qui va nous permettre de dévoiler la structure géologique détaillée de plus de 13 kilomètres de terrain dans la région du Nord de Liège, nous croyons bien faire de rappeler brièvement les grandes lignes de la constitution du sol dans ces parages et de la disposition de la nappe aquifère hesbayenne, utilisée par les galeries alimentaires.

On sait que le sous-sol profond, le soubassement de la région qui s'étend au Nord de Liège est formé par le *terrain houiller*, dont les schistes redressés, alternant par places avec des psammites et des grès (voir planche X, fig. 1), constituent un dépôt franchement perméable. Les travaux d'assèchement des exploitations houillères du Nord de Liège ont depuis longtemps drainé les eaux que pouvaient contenir les niveaux supérieurs de ces schistes, là où ils contiennent des couches de houille, et ce sont ces eaux, en partie, qui s'écoulent par les anciennes arènes mentionnées précédemment.

Plus au Nord et seulement sous le territoire formant le sommet du T que représentent les galeries, le *calcaire carbonifère* apparaît à son tour et remplace les schistes et grès houillers qui, dans la région du Sud, lui étaient superposés dans les plissements du terrain primaire. Pris en masse, le Calcaire carbonifère n'est perméable que grâce à ses fentes, joints de stratification et cavités diverses, qui permettraient un

écoulement irrégulier et localisé des eaux superficielles si elles pouvaient atteindre en ces régions la surface du terrain primaire.

Il existe heureusement dans toute la contrée du Nord et du Nord-Ouest de Liège une couche sensiblement horizontale, qui recouvre indistinctement toute la série primaire et dont l'imperméabilité absolue, sur l'immense étendue qu'elle recouvre, empêche toute communication des eaux superficielles avec le sous-sol primaire. (Voir planche X, fig. 1.)

Nous voulons parler de l'*argile hervienne*, dépôt compact et imperméable, d'une coloration grise ou verdâtre, qui s'épaissit graduellement en s'infléchissant vers le Nord, où il peut atteindre, sous le parallèle des branches transversales de la galerie, une épaisseur d'environ 15 à 16 mètres, alors qu'il n'en a guère plus de 4 à 5 dans les hauteurs qui dominant Ans.

Par l'intermédiaire d'un niveau de craie sableuse, verdâtre et glauconifère, et épaisse d'environ 1 mètre à 1^m,50, l'argile hervienne passe, en montant, à l'épais massif de 20 à 30 mètres de *craie blanche* qui la surmonte et au sein duquel s'équilibre, en descendant légèrement vers le Nord, la nappe aquifère arrêtée par le Hervien.

Plus haut, la craie, très fissurée dans toute sa masse et surtout vers sa partie supérieure, est recouverte en moyenne par 6 à 8 mètres de *blocs de silex* irréguliers accumulés à ce niveau par suite de la dissolution graduelle sur place d'un épais massif crayeux qui contenait primitivement ces silex en bancs espacés et subcontinus. Cet amas de silex est évidemment très perméable; mais partout, dans la région des galeries, il se trouve à des cotes supérieures à celle du sommet de la nappe aquifère.

De rares et faibles vestiges de *sable tongrien* s'observent parfois au-dessus des amas de silex, dont ils remplissent quelquefois aussi les interstices. Il arrive également que, entraînés par les eaux d'infiltration superficielles, les sables descendent jusqu'à la base des silex et, se mêlant avec le résidu argileux et oxydé des matières crayeuses dissoutes, forme alors une zone sableuse ou argilo-sableuse, plus ou moins continue, sous-jacente à l'amas de silex. La coupe médiane de la planche X montre bien cette disposition, qui fait ainsi retrouver, sous des silex d'âge secondaire, des sédiments sableux, d'origine et d'âge tertiaires.

Une couche de *limon quaternaire*, d'épaisseur variable, exceptionnellement réduite à moins d'un mètre, mais pouvant atteindre jusqu'à 20 mètres, recouvre les silex de la craie. Le limon, dans lequel sont modelés la totalité des reliefs et des inégalités du sol de la région étudiée, n'est guère perméable, surtout lorsqu'il est argileux. Il laisse

pendant passer une certaine quantité d'eau pluviale et, pendant la saison des pluies, il en retient assez bien, surtout dans ses zones sableuses, qui deviennent alors plus ou moins fluides et boulanges.

Les éléments du terrain étant décrits, voyons comment se comporte la nappe comprise dans cette série de formations géologiques.

Les couches secondaires et tertiaires de la moyenne et de la basse Belgique, plongent régulièrement et avec une pente moyenne d'environ 5 mètres par kilomètre, vers le Nord-Nord-Ouest. Les alternances perméables et imperméables qui composent ces couches, et qui sont orientées comme elles, agissent donc pour donner une allure et une orientation similaires aux nappes aquifères qu'elles emprisonnent. L'expérience démontre en effet que ces nappes, tantôt libres, tantôt artésiennes, ont régulièrement leur écoulement vers le Nord.

La nappe maintenue, au sein de la craie blanche fissurée, par la présence du substratum imperméable hervien, qui sépare la craie du terrain primaire, s'écoule donc vers le Nord. Le minimum de résistance à l'écoulement se trouve vers la surface de cette nappe, dans les parties les moins compactes et les plus fendillées de la craie blanche, là enfin où, grâce à la dissolution facile de la craie par les eaux en mouvement, les crevasses et les fentes de la craie peuvent s'élargir facilement et s'anastomoser en un véritable réseau où l'eau circule en ruisselets et en veines liquides, à écoulement rapide. Le creusement des galeries alimentaires, comme celui de bien des puits creusés dans la craie, a souvent montré des jets impétueux, difficiles à réfréner pendant les travaux et atteignant parfois le diamètre « d'une cuisse humaine » suivant la pittoresque expression des ouvriers.

Outre le niveau aquifère accentué de la surface de la craie, baignée par l'épaisse nappe arrêtée par l'argile hervienne, il est un autre niveau où la venue d'eau est également fort abondante. C'est la zone glauconifère, un peu sableuse ou grenue, qui recouvre immédiatement l'argile hervienne et qui forme la base de la craie blanche.

C'est ce niveau, où la venue et la circulation de l'eau sont facilitées par une plus grande perméabilité de la roche, qui fournit, surtout à l'Ouest et au N-O des plateaux qui dominent Liège, la nappe artésienne d'un certain nombre de puits favorablement situés.

Lorsqu'on examine la topographie des environs de Liège (voir planche IX), on constate que la crête qui sépare cette localité des plateaux d'où descendent vers le Nord les eaux de la nappe aquifère, empêche toute dérivation directe vers Liège, qui est situé au

Sud, c'est-à-dire vers une direction opposée à l'écoulement naturel des eaux.

Il est donc indispensable qu'en outre des galeries de drainage proprement dites — établies suffisamment loin vers le Nord pour arrêter au passage, dans les eaux venant de la crête, la quantité nécessaire aux besoins de l'agglomération — une galerie étanche d'aménée descendant vers le Sud à travers le sol quelconque : rocheux ou argileux, aquifère ou non, vienne mettre en communication les galeries de drainage proprement dites avec le réservoir de la ville.

La forme en T des galeries est donc inévitable, les branches de droite et de gauche faisant l'office de drains disposés perpendiculairement au courant aquifère Sud-Nord et la galerie centrale ne faisant, sur un partie de son parcours, que l'office de collecteur. Aussi est-ce simplement parce qu'elle recueille toutes les eaux drainées que l'on a donné à cette galerie le nom de *galerie principale*. Elle n'est directement drainante et productive que dans ses deux derniers kilomètres, comme on peut s'en assurer par la coupe supérieure de la planche X.

En examinant la carte géologique d'A. Dumont on constate que, dans toute la région au Nord-Est de Liège et parallèlement à la vallée de la Meuse, le massif crétacé de l'Ouest s'arrête brusquement par le fait du creusement de ce grand sillon fluvial. Des sources jaillissent à proximité de cette interruption et descendent vers la Meuse.

Au Nord et au Nord-Est, le massif crétacé se montre profondément découpé par la vallée inférieure, très encaissée, du Geer, dans laquelle se déversent également de nombreux ruisseaux alimentés par la craie. Il s'opère donc dans la région du Nord et du Nord-Est de Liège un drainage naturel considérable, qui appauvrit dans ces régions la nappe aquifère crétacée et qui tend à en rabaisser fortement le niveau souterrain.

La conséquence de cet état de choses est qu'il serait peu judicieux de prolonger vers l'Est la galerie drainante, qui au contraire peut fournir vers son extrémité occidentale des ressources inépuisables, à condition de prolonger dans ce sens le travail de creusement de la galerie.

Il suffit d'examiner (voir planche IX) le tracé des galeries pour se convaincre que l'expérience a confirmé l'appréciation ci-dessus énoncée et pour comprendre les motifs qui ont fait adopter ce tracé.

CHAPITRE III

Historique de l'entreprise.

Avant de procéder à la description des travaux qui nous ont permis de dresser les coupes de la planche X, nous croyons utile de rappeler brièvement les conditions dans lesquelles s'est effectuée l'entreprise des galeries alimentaires et de mentionner à grands traits les phases successives de ce beau travail d'intérêt public.

Le Rapport de M. l'Ingénieur G. Dumont (*loc. cit.*) montre, par la date de cette étude préalable (1856), que depuis longtemps la question de l'alimentation en eau potable de la ville de Liège se posait aux édiles comme un grave et important problème.

Les bases de ce projet avaient été posées en 1851 par la Commission des eaux instituée par l'Administration communale de Liège.

Le projet exécuté a été approuvé en principe par l'autorité supérieure le 12 mai 1861. Le 22 août 1862 l'Administration communale adopta des conclusions tendant à faire exécuter le travail, et l'adjudication eut lieu en février 1863. C'est M. J. Borguet, entrepreneur de travaux publics, qui fut chargé de l'entreprise et, sous la haute surveillance de l'Ingénieur de la Ville, M. L. Brixhe, les travaux commencèrent dès le 3 juin de l'année 1863.

Malgré quelques petites difficultés et certains déboires inhérents à ces sortes de travaux, l'exécution de l'entreprise s'effectua avec rapidité. On trouve dans les Rapports trimestriels publiés de 1864 à 1867 par M. l'ingénieur Brixhe dans le *Bulletin administratif de la ville de Liège*, d'intéressants détails sur la marche des travaux, sur les incidents qui se produisirent, sur les jaugeages et venues d'eau au fur et à mesure de l'avancement des galeries.

Voici quelques uns de ces renseignements, à titre d'informations. L'avancement des galeries creusées dans la craie est signalée comme atteignant 4^m,50 par jour, et le mètre courant de galerie a pu fournir en certains points, particulièrement favorables, jusque *trois mètres cubes* d'eau potable par 24 heures. Il résulte de l'examen de ces rapports que la quantité d'eau fournie, aux débuts du travail, par mètre courant de galerie était fort variable. Le minimum de débit normal d'un mètre courant de parois dans la craie aquifère paraît cependant avoir toujours dépassé 500 litres par 24 heures, et le maximum normal n'a guère été au delà de 2 m³ par 24 heures.

Après un certain temps d'écoulement impétueux, les veines liquides et les ruisseaux souterrains, rencontrés dans le creusement des galeries et des puits de la craie fissurée, diminuent de débit dans une certaine

proportion ; quelques venues d'eau cessent même de couler lorsqu'il s'agit de poches isolées de la circulation souterraine générale et qui existaient en contre haut de la galerie.

L'entreprise dont a été chargé M. Borguet consistait en l'établissement de la galerie dite principale ou galerie d'amenée, longue d'environ 4800 mètres, descendant en pente très douce vers le Sud, s'abouchant, d'une part, dans la région au Nord-Est de Lantin, aux deux galeries drainantes transversales et débouchant, d'autre part, dans le réservoir établi sur les hauteurs d'Ans, d'où devait descendre vers Liège le réseau de distribution. De plus, l'entrepreneur avait à creuser environ 2 kilomètres et demi de galerie drainante dirigée vers l'Est et environ 2800 mètres de galerie drainante vers l'Ouest, c'est-à-dire la section comprise entre les puits Nos 1 et 13 dans la branche occidentale de la galerie (voir planche IX).

Outre l'établissement et la construction des réservoirs principaux et secondaires, et de diverses installations techniques, telles qu'un serrement avec vanne réglant l'arrivée de l'eau dans la galerie d'amenée, l'entreprise comportait : 1° la construction de maçonneries étanches dans la majeure partie de cette énorme galerie, qui n'était drainante que vers son extrémité septentrionale ; 2° l'établissement, dans les galeries transversales, d'anneaux localisés de maçonnerie, qui devaient être établis partout où les parois de craie n'offraient pas une résistance suffisante, et enfin 3° le revêtement maçonné et un dispositif de libre accès dans plus d'une douzaine de puits de service échelonnés le long des galeries et destinés au service de surveillance et de réparation des galeries.

Cette œuvre considérable fut menée à bonne fin en un laps de temps moindre que les prévisions l'avaient fait admettre ; car tout le travail, commencé en juin 1863, fut achevé en janvier 1869. L'exécution de l'entreprise a donc demandé 5 ans et 7 mois, alors que le cahier des charges prévoyait une durée de 9 années, mais accordait une forte prime à l'entrepreneur pour le temps qu'il mettrait en moins.

Au début de l'entreprise, on avait estimé à 6.000 mètres cubes par jour la quantité d'eau que devaient fournir les galeries. Grâce aux hivers pluvieux (1) qui marquèrent les premières années du fonctionne-

(1) On ne tient compte pour l'estimation du débit des sources et des nappes aquifères imprégnant des terrains perméables que des pluies de la *saison froide*, la seule efficace au point de vue de l'imprégnation souterraine.

Cette période commence le 1^{er} novembre et finit au 30 avril.

ment des galeries, le volume d'eau drainé fut plus considérable que les prévisions l'avaient laissé espérer.

En décembre 1868, les 6.100 mètres construits donnèrent par jour 10.800 mètres cubes. En mars 1869 ils produisirent 12.000 m³, chiffre qui descendit à 7.870 m³ au mois de décembre de la même année. En mars 1870 le volume journalier remonta à 9.560 m³. A partir de ce moment on ne laissa plus pénétrer dans le réservoir d'Ans que le volume d'eau strictement nécessaire aux besoins de l'agglomération, de manière à garder en réserve dans le sol une certaine hauteur toujours utilisable de la nappe aquifère. La manœuvre du robinet-vanne placé au puits N° 10, permit de laisser remonter en amont des galeries le niveau de la nappe aquifère à des cotes plus élevées.

Dans le courant des années 1871 et 1872, le puits n° 23, à la bifurcation des galeries drainantes, contint de 3 à 5 mètres d'eau et les galeries furent ainsi entièrement noyées dans la nappe souterraine.

Vers le milieu de l'année 1873, le niveau de la nappe commença à diminuer sensiblement et, en mai 1874, il n'y avait plus que 1^m,50 d'eau au puits n° 23 (1). Les pluies des hivers 1873-74 et 1874-75 ayant été fort minimales et la consommation, au contraire, augmentant rapidement, ainsi que les exigences des services publics, on constata que les fluctuations du volume des eaux drainées pouvaient, à un moment donné, désorganiser l'alimentation régulière des réservoirs.

En mai 1875 par exemple, le réseau total des galeries ne fournissait plus que 5.500 m³ par 24 heures.

La partie drainante de la galerie centrale est d'environ 2.000 mètres : la galerie d'Ouest avait alors 2.750 mètres et la partie drainante de la galerie d'Est (dont la moitié seulement à cette époque donnait de l'eau), n'était utilisable que sur 1.750 mètres ; ce qui faisait un développement total de 6.100 mètres. Le produit du mètre courant était donc, dans cette période de minimum, de 0.90 m³. En s'appuyant sur cette base, un prolongement de 5 kilomètres de la branche occidentale, très favorablement située pour cet objet, pouvait assurer au moins 4.500 m³ par jour en plus, ce qui pouvait porter à 10.000 m³ par jour le volume total amené à Liège, sans compter certaines économies de dépense d'eau faciles à réaliser dans les concessions et dispositifs, primitivement établis avec une trop grande libéralité.

(1) Les chiffres et détails qui précèdent sont extraits de la « lettre » adressée le 22 mai 1875 par M. l'Ingénieur G. Blonden, Directeur des travaux, au Collège des Bourgmestre et échevins, comme commentaire du projet dressé par M. l'Ingénieur Lebens pour le prolongement de la galerie Ouest des eaux alimentaires.

Quant à un prolongement de la branche orientale il n'y fallait pas songer. Cette partie des galeries alimentaires ne fournissait plus la quantité d'eau sur laquelle on avait primitivement compté, et la moitié de sa longueur était devenue improductive. Nous avons exposé plus haut les raisons pour lesquelles toute extension de la zone de drainage devait fatalement être inefficace de ce côté. Aussi, ne songea-t-on qu'à prolonger vers l'Ouest la branche occidentale, qui s'étendait cependant déjà à près de 2.800 mètres de l'extrémité de la galerie d'amenée. L'étude préalable de la question, entreprise par M. l'ingénieur Lebens, avait prouvé qu'un prolongement de cette galerie dans la direction qu'elle avait (de l'E-N-E à l'O-S-O) ou avec une légère inflexion plus vers le Sud, devait réellement réunir les conditions de succès attendues ; on se décida, après un examen approfondi de la question, entrepris contradictoirement par M. G. Dumont et L. Brouhon (1), à prolonger de 5.000 mètres la branche occidentale, de manière à atteindre la région du Sud de Fooz, au Nord de Voroux Goreux.

C'est M. D. Seutin, entrepreneur à Liège, qui fut chargé de l'exécution de ce travail, dont environ les deux tiers se trouvent actuellement exécutés. Pour arriver à l'extrémité des 7.800 mètres que doit atteindre la branche occidentale, il y a encore plus de 2.000 mètres de galeries à creuser, travail qui se poursuit activement.

CHAPITRE IV

Description des galeries alimentaires.

Sans entrer dans le détail technique de la description de ce vaste appareil de drainage, nous en signalerons sommairement les principales dispositions.

La galerie d'amenée, qui s'étend en descendant avec une pente faible (1^m,25 par kilomètre), depuis le débouché des deux galeries transversales jusqu'au réservoir d'Ans, galerie dont la longueur est d'environ 4.800 mètres, s'enfonce dans le sol, suivant une pente opposée tant à celle de la nappe aquifère, qu'à celle des formations qui recou-

(1) Le différend soulevé entre M. G. Dumont, l'auteur du projet primitif, et M. Brouhon, Ingénieur du Service des Eaux, au sujet de la pente à donner au radier du prolongement des galeries, provoqua, en 1882, la nomination d'une commission spéciale, qui se rallia complètement au projet mixte proposé par M. A. Stévant, son rapporteur, lequel publia sur cet objet, en juillet 1882, une brochure contenant des données fort intéressantes et intitulée : *Rapport sur la pente à donner aux prolongements de la galerie des eaux alimentaires* (br. in-8°, 13 p. publiée chez Pirard frères, à Liège).

vrent le Primaire. Cette galerie recoupe donc successivement, comme le montre la figure supérieure de la planche X, la *marne crétacée* ou *craie blanche* aquifère, sur un parcours limité de la galerie, l'*argile imperméable hervienne* sous-jacente et le *terrain houiller* redressé. La majeure partie de l'étendue de cette galerie d'amenée, passant donc à travers des terrains improductifs, sujets aux tassements et aux pressions de diverses natures, a dû être solidement maçonnée et rendue étanche sur une longueur de 3.011^m,30 (à partir du bassin de distribution d'Ans, jusqu'à 14^m,20 au Sud du puits n° 14).

Les galeries drainantes de l'Est et de l'Ouest sont creusées dans la marne ou craie blanche et présentent une pente initiale de 0^m,50 par kilomètre, pente qui, dans le prolongement de la galerie Ouest, diminue graduellement.

La consistance de la formation crayeuse est très variable ; par places la roche est homogène, dure et solide, tandis qu'ailleurs elle tend à se délayer ou à céder et exige l'établissement d'anneaux en maçonnerie. C'est le massif crayeux rencontré par la galerie de l'Est qui paraît avoir exigé la plus forte proportion de ces anneaux de revêtement.

La galerie principale en contient, dans sa partie drainante, 14 tronçons représentant une longueur totale de 59^m,34. La galerie de l'Est en contient 57 représentant une longueur de 303^m,39 et la galerie de l'Ouest en contient, sur les 2750 mètres de la première entreprise (puits 1 à 13), 42 tronçons représentant une longueur de 214^m,52. Enfin le prolongement, ou l'entreprise Seutin en contient, sur les 3080^m exécutés jusqu'ici, 87 représentant une longueur de 583^m. L'entreprise Borguet en contient donc 113 tronçons atteignant une longueur totale de 527^m,25. L'entreprise Seutin contient jusqu'à ce jour 87 tronçons représentant une longueur de 583 mètres.

La longueur de ces anneaux ou tronçons varie de 1^m,50 à 43^m ; les longueurs les plus fréquentes sont de 4 à 5 mètres.

La section des galeries, dans les points où elle n'est pas maçonnée, est rectangulaire à la base et en plein cintre à la voûte. La hauteur de la galerie est de 1^m,80 à la clef de voûte et sa largeur est de 1^m,20.

Dans les parties maçonnées, dont le revêtement latéral et de tête a 0^m,25 d'épaisseur, la forme de la galerie est un peu différente, et devient elliptique, tronquée par le bas. La hauteur interne de 1^m,80 reste constante, mais la base n'a plus alors qu'une largeur de 1 mètre.

Il résulte de ces dimensions et de la faible hauteur d'eau qui baigne en général les galeries transversales de (0^m,50 à 0^m,80), que celles-ci peuvent constituer, le cas échéant, un véritable moyen de communication souterraine s'étendant à grande distance. La galerie centrale ou d'amenée renferme toutefois en temps ordinaire de 1 mètre à 1^m,15 d'eau.

Afin d'augmenter la venue d'eau dans les galeries drainantes on a effectué de distance en distance, dans leurs parois Sud, et perpendiculairement à leur direction, le percement de trous de sonde, de 0^m05 de diamètre et descendant un peu obliquement à 15 mètres de profondeur dans la direction d'où vient la nappe aquifère.

L'eau qui circule avec peine entre les joints de stratification de la roche crayeuse sous-jacente trouve ainsi des issues de moindre résistance et jaillit au sein même des galeries.

Lors du creusement des galeries les entrepreneurs ont ouvert, pour faciliter et multiplier les points d'attaque, ainsi que pour favoriser l'extraction et l'enlèvement des déblais et des eaux qui entravaient les travaux, une grande quantité de puits communiquant avec les galeries. Ceux de ces puits qui ont été comblés après l'achèvement du travail se trouvent indiqués par de simples traits distribués et numérotés le long du tracé des coupes de la planche X.

Les *puits de service*, maçonnés jusqu'au niveau de la galerie, maintenus ouverts et garnis d'échelles fixes d'accès, sont ceux indiqués dans la carte de la planche IX, par de petits cercles rouges et dans les coupes de la planche X par des traits parallèles. Ces puits, au nombre de 17 dans le réseau actuellement achevé, sont espacés suivant des distances variant de six à neuf cents mètres.

Les puits sont munis d'échelles fixes disposées en paliers alternatifs. Le nombre des paliers est naturellement variable avec la profondeur des puits. Les échelles sont en fer et longues d'environ 5 mètres. Des dalles en pierre avec encadrement, également en pierre de taille, servent à la fermeture des puits, que rien ne décèle à distance à la vue de l'explorateur non prévenu.

Afin de régulariser l'arrivée, dans le réservoir d'Ans, des eaux de drainage, dont l'abondance varie suivant les saisons et avec les conditions météorologiques de chaque année, il a été établi dans la région inférieure de la galerie d'amenée, au puits d'accès n° 10, un *serrement avec vanne*.

En fermant cette vanne, ou même tout en continuant à fournir à l'agglomération un minimum indispensable d'eaux alimentaires, on peut faire élever le niveau de l'eau dans les galeries latérales et dans la partie septentrionale de la galerie d'amenée, de manière à noyer complètement les galeries, ainsi que le bas des puits d'accès, sur environ 5 à 6 mètres de hauteur, de manière à rendre le tout impraticable comme communication souterraine.

Le serrement du puits n° 10 est traversé par une conduite en fonte

de 7^m,40 de longueur et de 0^m,80 de diamètre par laquelle on peut avoir accès aux galeries qui se trouvent derrière le serrement.

Au point de vue topographique, le tracé de la galerie d'aménée et des galeries drainantes est partiellement indiqué, du moins au croisement des branches du T, par une trentaine de monticules de déblais extraits des puits lors de leur construction; monticules qui sont assez volumineux pour frapper l'œil et avoir donné naissance à un figuré spécial dans les cartes de l'État-Major aux échelles du $\frac{1}{20.000}$ et du $\frac{1}{40.000}$. Dans le report ayant servi à confectionner la planche IX, on a enlevé ce figuré afin de rendre les tracés plus nets.

CHAPITRE V

De l'influence des galeries alimentaires sur le régime aquifère. Précautions à prendre au point de vue hygiénique. Observations sur l'eau fournie.

Bien qu'il n'entre pas dans notre but de développer les points de vue, nombreux et très divers, que fait naître l'étude des conditions toutes spéciales du dispositif à l'aide duquel la ville de Liège s'alimente en eau potable, nous croyons utile d'attirer l'attention tant au sujet de l'action directe des galeries sur la nappe souterraine que des influences défavorables pour l'agglomération liégeoise, que l'oubli de certaines précautions hygiéniques pourrait éventuellement faire naître.

Nous rappellerons tout d'abord le rôle qu'ont joué les galeries et leur extension successive dans les allures de la nappe aquifère drainée par elles.

Le levé des allures de la nappe souterraine de la région du N. de Liège a été fait en 1855 par M. G. Dumont. En partant de la crête de partage qui s'étend entre Ans et Hollogne-aux-Pierres, une déclivité de 5 mètres dans le niveau de la nappe exigeait successivement, en se dirigeant vers le Nord, un kilomètre, puis 800, 700 et 600 mètres.

Arrivée à peu près à la latitude des galeries transversales actuelles, la nappe aquifère descendait assez régulièrement de 5 mètres pour chaque 7 ou 800 mètres d'avancement vers le Nord.

La première partie du réseau des galeries de drainage était terminée, c'est-à-dire que la galerie Ouest avait atteint environ 3 kilomètres de développement, lorsque M. l'ingénieur Lebens présenta en mai 1875, au Collège des Bourgmestres et Échevins, le premier projet du prolongement qui fut exécuté depuis. Une carte hydrologique accompagnait ce travail et le relevé du niveau des eaux observé en 1874-75 montre

clairement l'abaissement de la nappe aquifère, surtout dans la région directement influencée par la galerie.

Par le fait de leur creusement à des profondeurs atteignant parfois 12 mètres sous le niveau de la nappe rencontrée lors de la construction des galeries, celles-ci ont forcément rabaisé le niveau des eaux souterraines. Des deux côtés des galeries drainantes, un profond sillon déprime et rabaisse donc la nappe libre, et cette action directe se fait sentir très vivement au voisinage immédiat des galeries. Partout dans cette région les puits domestiques ont dû être approfondis très considérablement et à plusieurs reprises, suivant les progrès successifs du travail de drainage.

C'est ainsi que de 1855 à 1875, c'est-à-dire après l'exécution du réseau initial de 6,100 mètres de galeries drainantes, la nappe aquifère s'est abaissée de 4^m,36 à Alleur, de 5^m,85 à Liers, de 5^m,89 à Voroux-Liers, de 7^m,28 à Mon-Melan et de 8^m,05 à Lantin (G. Blonden, *loc. cit.*).

Une action, moins sensible, mais très générale, s'est encore fait sentir dans toute la région comprise entre la crête de partage des eaux qui sépare Liège de la région drainée (voir planche IX) et le sillon principal signalé ci-dessus.

Puisque les eaux qui alimentent les galeries viennent du Sud, un abaissement général de la nappe aquifère dans cette région devait être la conséquence du travail entrepris. De même la quantité d'eau parvenant au Nord de la zone drainée a dû naturellement diminuer de toute celle captée par les galeries tant au Sud qu'au Nord de celles-ci. Cet abaissement a été nettement constaté, mais il est parfois aggravé par sa coïncidence avec les abaissements généraux de la nappe, produits par les sécheresses.

On a constaté entre les niveaux aquifères de 1855 et ceux de 1875 un abaissement de 3^m,85 à Awans, de 2^m,83 à Fooz, de 2^m,57 à Hognoul, de 2^m,50 à Loncin, de 2^m,33 à Bierset et de 1^m,43 à Grâce Berleur (G. Blonden, *loc. cit.*). Les quelques kilomètres de galeries nouvelles du prolongement Ouest ont, plus récemment encore, continué à abaisser ce niveau. Nous avons constaté à Alleur une baisse de 1 à 2 mètres effectuée depuis un an seulement, et, à Awans, l'eau de plusieurs puits a baissé cette année de 4 à 5 mètres. A Bierset, certains des puits dont nous avons fait le relevé ont montré un abattement tout récent de la nappe aquifère, qui est descendue d'environ 5 à 6 mètres.

C'est donc là un fait général, très accentué, qui nécessite un approfondissement général des puits de toute la contrée située au Sud des galeries de l'Ouest ou bien à proximité vers le Nord.

L'extrémité du prolongement, en construction, de la galerie Ouest atteindra, à la limite de la commune de Fexhe-le-Haut-Clocher, la cote 128^m,72 (à 22 mètres environ sous le sol).

Les puits de Hognoul et de Fooz, à proximité et au Nord de la galerie projetée, fournissent l'eau de la nappe libre à 7 ou 8 mètres plus haut, ce qui fait que si l'alimentation du prolongement de la galerie est assurée, la nappe aquifère de cette région subira du même fait un abattement assez considérable.

L'épaisseur de la nappe aquifère qui baigne partout le terrain crétacé constitue toutefois un obstacle à l'assèchement ou à la disparition des ressources souterraines en eau potable. Si donc, partout où l'influence des galeries de drainage, actuelles ou en cours d'exécution, fait baisser ou disparaître dans les puits communaux et particuliers le niveau des eaux d'alimentation, nulle part cette circonstance ne pourra être considérée comme irrémédiable ; car il suffira partout d'un approfondissement de quelques mètres au plus pour faire retrouver aux propriétaires lésés le niveau simplement rabattu de l'inépuisable nappe aquifère hesbayenne. C'est là, au point de vue des difficultés qui pourraient éventuellement être suscitées à la Ville, un avantage précieux qui lui permettra, moyennant de légers sacrifices, d'étendre presque indéfiniment le développement de ses galeries et d'augmenter largement son alimentation en eau potable.

Un devoir qui n'a pas échappé à l'Administration communale et qui, avec l'extension des galeries, deviendra de jour en jour plus impérieux, c'est d'écarter et même de prévenir toutes les causes pouvant provoquer l'infection momentanée des eaux que les galeries fournissent à l'agglomération. Or, ces causes d'infection sont bien plus nombreuses et plus graves qu'on ne se le figure généralement.

Les progrès qu'ont fait dans ces dernières années les données positivement acquises de la théorie microbienne et la démonstration, actuellement admise, que c'est l'eau qui constitue le véhicule propagateur par excellence des maladies infectieuses, telles que le choléra, le typhus, les fièvres malignes, etc., etc., font que de sérieux dangers pourraient résulter des causes diverses amenant l'infection des eaux des galeries alimentaires. Or ces causes sont multiples et, comme a dû le faire récemment M. le Dr Jorissenne, qui a spécialement étudié la question, nous croyons utile de signaler comme exemple quelques-unes d'entre elles.

Le travail de prolongement du drainage, qui se poursuit constamment, donne lieu au séjour, dans les galeries en voie de creusement, d'équipes d'ouvriers qui peuvent éventuellement amener avec eux, ne

fût-ce que par leurs vêtements, leurs crachats, etc., des germes délétères dont la multiplication ultérieure, lorsque les parois et le sol des galeries nouvelles sont mis en communication avec le réseau alimentaire, peut devenir nuisible. Bien que l'eau qui suinte et jaillit des parois pendant la phase de creusement dans la cavité isolée où travaillent les équipes, soit rejetée au dehors par les machines d'épuisement, toute cause de danger peut n'être pas écartée malgré toutes les précautions prises, car l'état sanitaire des ouvriers, la police des travaux souterrains, les soins apportés à l'équipement des hommes, — qui jamais ne doivent descendre dans les chantiers sans changer de chaussures — et bien d'autres détails encore, réclament une surveillance de tous les instants.

Il en est de même de la circulation souterraine dans les galeries, pour cause d'entretien, de nettoyage ou de réparation. On sait combien l'écoulement des eaux ménagères et des immondices est encore peu soumis, dans les campagnes, aux règles les plus élémentaires de l'hygiène et souvent de la simple propreté. Or il suffirait, surtout lorsque règnent dans les campagnes des maladies infectieuses, qu'un ouvrier, ayant traversé des villages atteints de fièvres, descende dans les galeries sans s'être préalablement soumis aux mesures de prudence édictées par l'Administration communale, pour que les eaux des galeries puissent se charger de principes morbides dûs à ces bactéries dont la multiplication est extraordinairement rapide, dans certaines conditions favorables, actuellement bien connues. Or il est maintenant établi que c'est à ces micro-organismes que nous devons les épidémies qui éclatent soudainement et dont la cause semble tout d'abord échapper aux investigations de la science.

Dues à de telles origines, les épidémies causées par la contamination plus ou moins grande des eaux alimentaires peuvent ne pas être toujours dangereuses ; mais affectant les constitutions les plus débiles et les plus prédisposées à l'action des germes morbides, elles n'en sont pas moins hautement à redouter et l'on ne saurait prendre assez de précautions pour les éviter et en prévenir le retour.

Une autre cause encore d'introduction possible de germes délétères consiste en ces nombreux puits d'accès, indiqués sur la carte de la planche IX et dont l'abandon en pleine campagne et le mode relativement primitif de fermeture pourraient, dans certains cas, provoquer la contamination des eaux alimentaires. Les dalles de fermeture de certains de ces puits, situés en pleins champs, peuvent ne pas être suffisantes pour empêcher l'infiltration d'eaux superficielles chargées des éléments

de la fumure des terres cultivées et pourraient ainsi donner lieu à des apports qui sont toujours à craindre (1).

Il est encore une autre cause d'infection, sur laquelle il convient d'appeler l'attention des intéressés. L'action des galeries drainantes sur le niveau de la nappe aquifère qui s'écoule du Sud au Nord consiste, à proximité de ces galeries, en la formation d'un sillon qui déprime fortement cette nappe à une assez grande distance de chaque côté de la ligne de drainage.

Nous avons vu qu'il n'existe pas de nappe superficielle dans ces parages, pouvant se charger d'emporter au loin les principes délétères que les puits perdus, les fosses d'aisance, les fosses à purin, etc., répandent dans le sol partout où sont établies les habitations campagnardes.

Si donc on laissait s'établir au voisinage immédiat des galeries d'eau alimentaire des dispositifs insalubres pouvant répandre dans le sol profond des germes de corruption, ceux-ci iraient, à travers des terrains relativement perméables, rejoindre peu à peu la zone des eaux soumises à l'action directe d'attraction des galeries souterraines qui alimentent l'agglomération liégeoise et l'on comprend tout le danger qui pourrait en résulter pour celle-ci.

Il importe donc qu'un contrôle sévère soit exercé, au moins dans une zone de cinq à six cents mètres, entourant le tracé des galeries drainantes, et l'établissement des puits, citernes ou fosses de quelque profondeur dont les habitations ou fermes de ces parages auraient à effectuer le creusement, devrait même être soumis à une sorte de législation spéciale, motivée par l'intérêt public.

De même, les puits absorbants, comme en utilise parfois dans le pays de Liège l'industrie sucrière, et toutes causes pouvant influencer sur les qualités de la nappe aquifère, ne pourraient, *au Sud* des galeries (2), être établis que dans certaines conditions à déterminer ou même être absolument défendus.

Un procès plaidé il y a peu de temps en Angleterre (voir *Geological Magazine* N. S^{ies} Dec. III, vol. 3 1886, n^o 3, p. 111) a provoqué d'intéressants débats sur la question de savoir si le propriétaire d'un puits peut impunément effectuer la transformation de celui-ci en un cloaque

(1) Au moment de l'impression de ces pages, nous apprenons que l'Administration communale, d'accord avec M. le D^r Jorissenne, vient de mettre à l'étude un nouveau dispositif des puits d'accès.

(2) Dans la région au Nord des galeries, aussitôt que l'on dépasse de quelques centaines de mètres le centre du sillon jalonné par le tracé des galeries, il n'y a plus aucune action possible sur celles-ci, par suite du sens de l'écoulement de la nappe souterraine.

de nature à amener l'infection des eaux de la nappe alimentaire avoisinante, et l'on trouvera à ce sujet, dans le Tom. XIV des *Annales de la Société géologique du Nord*, à Lille, un bon article (p. 22-30) de M. *Emile Delecroix*, qui montre que les intérêts publics doivent, en toute justice, primer les libertés particulières.

Quelques notes sur les qualités et propriétés des eaux fournies par les galeries alimentaires clôtureront le présent chapitre.

On sait que l'eau de la nappe crétacée est assez chargée de carbonate de chaux, ce qui, sans nuire à l'alimentation, rend l'eau crue. Elle demande certains soins pour l'alimentation des chaudières, à cause des incrustations calcaires auxquelles elle donne naissance.

Son degré hydrotimétrique est variable suivant la saison. D'après les essais faits à diverses époques de l'année par M. l'ingénieur L. Brixhe il passé de 21° à 28°80, ce qui reste dans les limites d'une bonne eau potable, surtout lorsque, comme celle-ci, elle est dépourvue de matières organiques. Dans ces dernières années M. L. Brouhon a constaté que le degré hydrotimétrique varie de 25 à 28°.

D'après l'analyse que M. G. Dumont a faite il y a une trentaine d'années des eaux des galeries Coq-Fontaine et Roland, qui ont la même origine, un litre d'eau de la nappe crétacée de la Hesbaye renferme 0^{litre},0037 d'acide carbonique et 0^{litre},0029 d'air atmosphérique. Comme matières fixes, un litre de cette eau a fourni 0^{gr},0247 de silice, 0^{gr},0161 d'alumine et de fer, 0^{gr},2748 de carbonate de chaux, 0^{gr},0189 de carbonate de magnésie et 0^{gr},0105 de chlorure de sodium et de perte, soit en tout 0^{gr},3454 de résidu solide (1).

L'eau de la nappe libre de la Hesbaye est, d'après cette composition, parfaitement hygiénique; elle n'a pas d'odeur, est parfaitement limpide et ne contient pas de matières organiques. Elle a une saveur agréable et sa température ne varie que de 11 à 11.50 degrés centigrades. M. G. Dumont fait remarquer que le dégagement d'acide carbonique que provoque la cuisson précipite le carbonate de chaux et favorise la cuisson des légumes secs. Enfin, la quantité de savon vert détruite inutilement par chaque litre d'eau froide est de 9 grammes, mais cette perte est sensiblement réduite par l'ébullition (2).

Ayant passé en revue la majeure partie des considérations qu'ont

(1) Il résulte d'analyses effectuées en 1884 par M. l'ingénieur J. Verwins que les eaux alimentaires de la ville de Liège renferment également en moyenne 0^{gr} 000091 de phosphate de chaux par litre.

(2) Voir aux Annexes le Rapport sur la composition et les qualités des eaux alimentaires présenté en 1883 par M. le Prof. Chandelon au Collège échevinal de la ville de Liège, document qui nous a été gracieusement communiqué par M. L. Brouhon.

pu nous suggérer les galeries alimentaires de la ville de Liège, nous pourrions maintenant aborder le point de vue géologique et examiner quelles sont les données purement scientifiques que ce grand travail d'utilité publique a permis d'acquérir. C'est ce qui fera l'objet du dernier chapitre du présent mémoire.

CHAPITRE VI

Notions géologiques fournies par l'établissement des galeries alimentaires.

Les coupes de la planche X, qui ont pu être dressées avec une grande précision, grâce à la connaissance des résultats des nombreux puits qui en ont jalonné le parcours, dévoilent clairement la constitution géologique de la région qu'elles traversent, région dont l'allure générale des couches a été exposée précédemment.

Il est facile, en comparant ces coupes aux tracés de la carte géologique de A. Dumont, de se rendre compte des modifications qui doivent être apportées dans le figuré de la répartition des dépôts cachés sous l'épais manteau limoneux de la région représentée.

D'après la carte de Dumont, en effet, tout le plateau qui s'étend au Nord et à l'Ouest de Liège, serait uniformément couvert par les sables marins du *tongrien inférieur* et, sauf dans son extrémité la plus méridionale, le réseau des galeries d'eau alimentaire devrait *partout* coïncider avec un recouvrement oligocène d'âge tongrien. Or nous voyons au contraire que les 13 kilomètres de galeries actuellement creusés n'ont permis de constater que de *rare et minuscules îlots* de sable tongrien, réduits à de minces lambeaux, dont seule une carte à grande échelle, comme le 1/20.000, pourrait tenir compte.

Partout ailleurs, la carte géologique, pour être correcte, devrait représenter le *terrain crétacé* représenté, dans son affleurement sous le limon quaternaire, par l'amas de silex entassés les uns sur les autres qui résulte de la dissolution graduelle, par les eaux météoriques, des niveaux crayeux qui, primitivement, séparaient les silex alignés dans la craie en bancs réguliers et subcontinus.

Ce changement radical dans les données de la cartographie géologique de cette région est d'accord avec l'exposé synthétique que l'un de nous en a fait récemment, par le fait de la publication dans notre Bulletin d'une carte ou esquisse géologique (1), dans laquelle, mettant

(1) E. VAN DEN BROECK. *Sur un nouveau gisement de la TEREBRATULA GRANDIS*, Blum, avec une carte de l'extension primitive des dépôts pliocènes diestiens. (Bull. Soc. Belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol. T. I. 1887. Mémoires, pp. 49-60, pl. II).

à profit ses observations faites depuis quelques années, pour le levé de la carte géologique au 1/20.000, aux environs de Liège, l'auteur de ce document a montré l'extension considérable que devait prendre, au Nord et à l'Ouest de Liège, le figuré du terrain crétacé aux dépens de celui du tongrien.

C'est à l'épaisseur considérable du limon quaternaire, épaisseur atteignant parfois 20 mètres, qu'il faut attribuer la difficulté qu'offrait autrefois l'interprétation rationnelle de ces données souterraines ; d'ailleurs, sans les nombreux puits profonds creusés depuis la publication de la carte de A. Dumont, nous pourrions nous-même admettre aujourd'hui encore l'extension des sables tongriens dans une région où ils ne subsistent plus qu'à l'état d'îlots minuscules et peu nombreux.

Comme le montrent les coupes de la planche X, le relief du plateau et ses ondulations sont en entier creusés dans l'épaisseur de ce limon quaternaire, qui ne permet aucun affleurement de la série sédimentaire sous-jacente.

L'amas de silex qui surmonte la craie blanche est intéressant à plus d'un titre. La simple inspection de ce banc, accessible à l'observateur dans la région située soit plus au Nord, soit plus à l'Ouest, permet de s'assurer tout d'abord qu'il n'est point ici question de roches roulées, remaniées ou même déplacées dans le sens horizontal.

La succession régulière des silex de la craie, avec leurs divers caractères de couleur, de forme et de dimensions différentes, s'y retrouve nettement marqué. On y voit clairement un simple phénomène de tassement de silex, déchaussés et privés de leur gangue crayeuse, sans que leurs positions respectives aient été modifiées. Aux petits silex noirs cylindriques ou contournés succèdent, en montant, les gros rognons de même couleur ; d'autres, surmontant ceux-ci, prennent une coloration plus claire et bleuâtre, laquelle devient, surtout lorsqu'on se rapproche du Nord, grise, blanchâtre et jaunâtre vers le sommet, où l'on rencontre d'énormes blocs, fendillés ou entiers, qui représentent nettement les aspects des rognons de la *craie de Spiennes*. C'est, en un mot, la succession normale des bancs de silex au travers de la craie du Limbourg, mais vue en raccourci ou avec les strates crayeuses en moins.

Le phénomène de l'éclatement des silex s'y montre bien représenté et cet éclatement, causé à la fois par les différences de pression dues au tassement et par des influences météoriques diverses, fournit, lui aussi, par la proximité constante des surfaces éclatées et séparées, la preuve du non-remaniement des rognons accumulés à la surface de la craie.

Le recouvrement presque général des silex noirs qui caractérisent la *craie blanche à Magas pumilus*, par les silex gris ou bleuâtres clairs — souvent zonés et jaunis par altération postérieure — de la *craie de Spiennes* implique pour les tracés de la carte géologique un figuré indiquant cette dernière assise sénonienne, qui, partout dans la contrée, a dû exister au-dessus de la craie à *Magas*, mais dont la faible épaisseur relative, en ces régions, a permis la dissolution totale.

Comme, à première vue, on peut évaluer le volume habituel des bancs de silex du terrain crétacé à près d'un tiers de la masse totale, il en résulterait que les 14 à 15 mètres de silex accumulés en certains points de nos coupes correspondraient à environ 40 à 45 mètres de massif crayeux préexistant, épaisseur qui autrefois devait relever d'autant le niveau supérieur de la masse crayeuse aujourd'hui subsistante dans le sous-sol.

En beaucoup de points, l'épaisseur de l'amas de silex est fortement réduite. Les puits n^{os} 5 et 10 de la coupe médiane en montrent de bons exemples. Il est certain que c'est à un phénomène d'ablation mécanique, postérieur au déchaussement des silex, par voie chimique, qu'il faut attribuer ce phénomène. Cette ablation ne peut être attribuée aux eaux calmes qui ont déposé le limon quaternaire recouvrant, car, ayant laissé en place des vestiges du dépôt sableux tongrien, éminemment meuble et délayable, ces eaux n'auraient pu, à de minimales distances, exercer les influences énergiques et puissantes nécessaires pour balayer les 10 à 12 mètres d'accumulations de silex qui ont disparu par places.

Examinons maintenant la disposition des amas de sable tongrien afin de savoir si c'est aux eaux de la mer oligocène que l'on peut attribuer l'ablation dont nous cherchons la cause.

Dans les hauteurs méridionales du plateau, dans la région que traverse le premier tiers de la galerie principale, nous voyons le Tongrien former un îlot se dessinant nettement en relief sur le banc, régulier et moyennement développé, des silex accumulés.

Dans la région du Nord-Est de Liège, comme aux puits n^{os} 3 et 23 de la coupe représentée au bas de la planche X, nous voyons nettement, surtout dans la coupe du puits n^o 3, l'épaisseur normale de l'amas de silex s'épaissir considérablement et le sable tongrien former (voir puits n^o 3) une poche remplissant la dépression de l'amas de silex. Ici, le sable tongrien s'est-il déposé sur la surface de la craie qui, se dissolvant peu à peu, l'a reporté sur le résidu insoluble formé par les silex accumulés, ou bien s'est-il sédimenté directement sur l'amas de silex déjà mis à nu par un phénomène antérieur de dissolution; nous

ne saurions de prime abord rien décider, car les deux hypothèses peuvent s'admettre.

Mais, lorsque nous jetons un coup d'œil sur les lambeaux tongriens qui se trouvent épars en d'autres points, tels qu'au puits n° 18 de la galerie principale et aux puits nos 3 et 4 de la galerie Ouest, nous voyons, par l'épaisseur si irrégulière de l'amas de silex en ces parages, qu'ici le Tongrien repose sur des *parties dénudées et réduites* de l'amas primitif. La mer tongrienne aurait donc, au moins en certains points, trouvé l'amas de silex déjà dépouillé de sa gangue crayeuse. Cela paraît certain, bien que nous ne puissions encore le démontrer. A quel facteur cependant, si ce n'est aux flots mêmes de la mer tongrienne, pourrait-on rapporter ce phénomène de remaniement et d'ablation des parties supérieures de l'amas de silex? Cette manière de voir devient une quasi-certitude lorsqu'on étudie la nature des cailloux de la base des sables tongriens; cailloux qui ne sont autre chose — dans toute la région environnante — que des *silex crétacés* fortement roulés. Les affleurements nombreux et importants qui montrent la base du Tongrien au Sud, au Nord, à l'Est et à l'Ouest du plateau étudié ne laissent aucun doute à cet égard, non plus que les échantillons provenant de certains puits et qui nous ont été offerts en communication.

Les flots d'autres mers tertiaires ont-ils baigné ces régions, qui, dans la négative, seraient restées émergées depuis l'époque maestrichtienne jusqu'à la fin de l'éocène supérieur?

Aucun indice ne le laisse supposer, et un fait intéressant semble pouvoir écarter cette hypothèse d'une sédimentation éocène préexistante.

Du puits A au puits d' de la galerie Ouest, on voit s'étendre, dans la coupe médiane de la planche X, un dépôt peu épais de « sable infiltré ». Ayant obtenu, grâce à l'obligeance de l'entrepreneur M. Seutin, des échantillons de ce sable, dont nous désirions étudier la nature, nous y avons reconnu un cas, déjà observé à plusieurs reprises en diverses localités où affleure l'amas de silex, et consistant en ce que le sable oligocène et les cailloux de silex, à surface verdie, caractéristiques ici de la base du Tongrien, profitant des vides laissés entre les blocs de silex par la dissolution, sont descendus avec les eaux d'infiltration jusqu'à la base de l'amas de silex. Par suite de l'extension graduelle des parties sous-jacentes, qui se dissolvent peu à peu, ces sables infiltrés prennent la place de la craie enlevée pour former un niveau de *tongrien*, constitué soit par des zones meubles et très pures, soit par du sable mélangé au résidu argileux et rougeâtre de la dissolution de la craie; le tout curieusement intercalé sous les silex *sénoniens*. Si des

dépôts landeniens, ou d'âge éocène quelconque, avaient autrefois existé en ces parages, ce seraient leurs sédiments que l'on eût trouvés, protégés sous l'amas de silex, et non le sable et les cailloux roulés, si caractéristiques du Tongrien.

L'amas de silex qui, dans le Limbourg, acquiert un si grand développement par suite de la longue émergence qu'a subie le sol crétacé — circonstance qui ne s'est point présentée dans le massif crétacé du bassin de Mons — doit encore à la persistance des actions météoriques et des phénomènes de dissolution qui en furent la conséquence, une particularité intéressante au point de vue industriel.

On savait que le carbonate de chaux, qui, dissous et emporté par les eaux souterraines, rend encore aujourd'hui si calcaires les eaux de la nappe crétacée, a souvent provoqué la formation, dans les bas niveaux où le schiste houiller remplace la craie, de ces amas de tuf celluleux ou concrétionnés, tels qu'il s'en présente précisément un bon exemple dans l'extrémité méridionale de la galerie principale. (Voir la figure 1 de la planche X.)

Mais ce n'est que depuis peu de temps qu'on a constaté, en divers points du Limbourg, et entre autres, au voisinage des galeries d'eau alimentaire, à Ans, à Alleur et à Liers, qu'à la base de l'amas de silex, il existe aussi, parmi les résidus de la dissolution du massif crayeux préexistant, des accumulations plus ou moins importantes de nodules concrétionnés de *phosphate de chaux*, industriellement utilisables. Une étude de ces gisements a été publiée par M. Max. Lohest dans le tome XII des Annales de la Société Géologique de Belgique, à Liège (1), et nous renvoyons le lecteur désireux de plus de détails à cet intéressant travail.

M. Lohest rapporte toutefois au *Maestrichtien* le massif crétacé dont la dissolution sur place a provoqué l'accumulation des silex de la partie supérieure des amas de la Hesbaye. C'est là une erreur provenant de ce que l'auteur ne s'est pas rendu compte que les gros silex en question sont ceux de la *craie de Spiennes* (2).

M. Lohest, en expliquant l'origine des accumulations de silex de la Hesbaye — que A. Dumont semble avoir confondus avec les cailloux

(1) *Le conglomérat à silex et les gisements de phosphate de chaux de la Hesbaye*, par Maximin Lohest. Ann. Soc. Géologique de Belgique, tome XII, Mémoires, pp. 41-81. Liège, 1885.

(2) Voir nos études intitulées : *Observations nouvelles sur le Crétacé supérieur de la Hesbaye et sur les facies peu connus qu'il présente*, publiées, et en cours de publication, dans le Bulletin de la Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.

du quaternaire des mêmes régions — s'est cru à tort le premier observateur ayant mis en lumière le rôle des agents météoriques dans le phénomène dont il parle.

L'un de nous, qui s'est appliqué à rassembler tous les faits relatifs à l'*altération des dépôts superficiels* (comme l'était autrefois le crétacé de la Hesbaye) par les agents météoriques avait, depuis 1880, longuement exposé la question de l'origine des argiles et des conglomérats à silex, de manière à ne plus laisser, semble-t-il, de doutes sur cette matière, objet de longues controverses. Nous renverrons à ce Mémoire (1) pour plus ample information et, pour ce qui concerne l'amas de silex de la Hesbaye, qui à cette époque avait déjà attiré l'attention de l'auteur, nous donnerons ici l'extrait suivant (p. 129 du mémoire) établissant nettement l'opportunité de la présente revendication, dont M. Lohest lui-même a bien voulu d'ailleurs reconnaître verbalement la légitimité.

« Lorsque, par suite d'infiltrations intenses et prolongées, la dissolution du carbonate de chaux s'est opérée sur une grande échelle, dans un dépôt de craie traversé par des bancs réguliers et nombreux de silex, on observe parfois au-dessus de la craie des zones épaisses ou des poches localisées, d'où le calcaire a entièrement disparu et où les rognons de silex, pressés les uns contre les autres, forment des accumulations parfois considérables, qu'au premier abord on serait tenté d'attribuer à un puissant phénomène de dénudation ou de ravinement. Des observateurs non prévenus y ont été trompés, bien qu'il suffise d'un examen attentif pour s'assurer aisément que l'on se trouve en présence d'une simple apparence de remaniement, due à la dissolution de la gangue crayeuse des rognons de silex et au tassement de ceux-ci en amas, dont les éléments sont parfaitement intacts et non roulés.

» Avec un peu d'attention, on peut même retrouver dans la série verticale de silex ainsi accumulés les caractères différentiels qui distinguent généralement les zones superposées de bancs de silex en place dans les dépôts crayeux intacts. »

De la *craie blanche* et de l'*argile hervienne* qu'elle surmonte et qui forme le plancher arrêtant la nappe aquifère hesbayenne dans la région représentée par nos coupes, nous n'avons guère rien de particulier à dire,

(1) E. VAN DEN BROECK. *Mémoire sur les phénomènes d'altération des dépôts superficiels par l'infiltration des eaux météoriques, étudiés dans leurs rapports avec la géologie stratigraphique.* (Mém. couron. et Mém. des savants étrang. publiés par l'Acad. Roy. des Sciences de Belgique, tome XLIV, 1880. Bruxelles, in-4°, 1881). Voir pp. 108 à 130, le chapitre des argiles à silex, etc.

sinon que la succession des puits creusés le long de la galerie principale a nettement démontré l'inclinaison de toutes les couches vers le Nord et l'épaississement graduel de l'argile hervienne vers cette direction.

Le *Hervien* ne semble pas avoir dépassé vers le Sud l'emplacement de la vallée de la Meuse, tandis que la découverte que nous avons faite récemment (lors des travaux dont nous avons été chargés par le Gouvernement en vue de l'étude géologique de l'emplacement des nouveaux forts de la Meuse) d'un développement de plus de 15 mètres de *sable tongrien* reposant sur un amas *in situ* de *silex crétacé*, identique à l'amas des coupes figurées dans la planche X, nous permet d'affirmer l'extension de la mer de la craie blanche au delà des points les plus élevés du plateau de Bonnelles, entre l'Ourthe et la Meuse. Cette extension, qui fait remonter à Bonnelles la craie blanche jusqu'à 250 mètres au-dessus de la mer et qui, mise en regard de la présence dûment constatée de silex crétacés sur les hauteurs des Hautes-Fagnes, — à l'altitude de près de 600 mètres — permet d'affirmer, en tenant compte de la présence à Bonnelles de l'épais dépôt de sable tongrien recouvrant les silex de la craie, qu'après la sédimentation oligocène, un relèvement considérable du sol a dû se faire dans toute cette région que traverse la Meuse et qui s'étend jusqu'à la frontière orientale du pays.

Les découvertes qu'en ce moment même nos sondages pour l'étude géologique de l'emplacement des nouveaux forts de Namur nous permettent de conjoindre, pour cette région, à l'extension du Tongrien dans la région de Bonnelles, à celle reconnue dans les plateaux du pays de Herve et, d'autre part, la fixation de l'âge tongrien des énigmatiques argiles d'Andenne, où M. Max. Lohest vient de découvrir une flore oligocène bien caractérisée (1), permettent d'affirmer qu'un immense territoire s'étendant sur les hauteurs et les plateaux de la rive droite de la Meuse, au Sud de Liège, Huy et Namur, et qui probablement comprendra, outre le Condroz et la Famenne, une partie de l'Ardenne a été baignée par les flots de la mer oligocène. Un travail spécial, actuellement en préparation, reviendra à loisir sur cette intéressante question, que nous n'indiquons ici que parce que l'allure des couches crétacées et tertiaires de la partie méridionale de la coupe figurée en tête de la planche X montre clairement que les dépôts secondaires et tertiaires de cette région ne pouvaient manquer de se retrouver dans la direction du prolongement Sud de la galerie principale, de l'autre côté

(1) MAX. LOHEST. *Des dépôts tertiaires de la Haute-Belgique* (Ann. Soc. Géol. de Belgique, T. XV, 1888. Mémoires, p. 59. — MAX. LOHEST. *De l'âge et de l'origine des dépôts d'argile plastique des environs d'Andenne*. Bull. Acad. Roy. de Belgique, 3^{is}, T. XIII, N^o 4. 1887.

de la Meuse, c'est-à-dire précisément sur le plateau de Bonnelles, où nous venons d'en signaler l'existence.

Nous ferons remarquer, en terminant, que la présence du Tongrien sur les sommets des deux rives de la Meuse, de Namur à Liège, mise en regard de l'absence positive de ces mêmes sables dans le profond sillon de la vallée (environ 110 mètres, à la Pierreuse, à Liège et 140 mètres à Namur), fournit la preuve que l'âge du creusement de la vallée de la Meuse est *entièrement postérieur à l'époque de la sédimentation oligocène*. Lorsqu'on voit d'autre part, comme à Elsloo, la Meuse passer, en le ravinant, au travers d'un massif *miocène* boldérien qui est donc, lui aussi, antérieur au creusement de la vallée moséenne, on est bien forcé d'admettre que c'est à l'époque du *relèvement pliocène diestien*, — sur lequel l'un de nous a insisté ailleurs (1) et dont la phase sédimentaire coïncide, comme l'a depuis longtemps fait remarquer A. Dumont, avec d'importantes discordances stratigraphiques se rattachant aux soulèvements alpins — que l'on peut faire remonter les *débuts du creusement de la vallée de la Meuse*, lequel se serait accentué pendant l'*époque quaternaire*, aux commencements de laquelle le relief du sol avait acquis son maximum d'élévation dans ces parages, maximum coïncidant précisément avec un régime fluvial et torrentiel d'une grande intensité.

Nous bornerons aujourd'hui à ces réflexions sommaires les considérations qu'inspirent les principaux traits de la constitution géologique de la région étudiée et, espérant avoir fait œuvre utile en faisant connaître, avec une certaine précision, le dispositif et les coupes géologiques des galeries alimentaires, nous reprendrons successivement, dans des travaux spéciaux, les autres questions dont nous venons de faire mention.

ANNEXES.

Nous croyons utile de fournir, comme annexe à ce travail, les tableaux suivants, dont le premier a été dressé pour nous par M. l'ingénieur L. Brixhe, ancien Ingénieur du Service des Eaux de la ville de Liège, qui a été chargé de la haute surveillance de la première entreprise. Ce premier tableau fournit, pour chacun des puits de la galerie principale, de la galerie de l'Est et de la première section de la galerie de l'Ouest, les chiffres précis à l'aide desquels nos coupes ont été tracées.

(1) E. Van den Broeck (*loc. cit.*).

TABLEAU DES ÉPAISSEURS OU DES PROFONDEURS

de chacun des éléments constituant la coupe des puits de l'entreprise Borguet.

DÉSIGNATION DES PUIITS	Cote du terrain à l'orifice.	Profondeur à laquelle on a rencontré l'eau.	Terre végét. et Limon quatern.	Sable tongrien.	Amas de silex.	Craie blanche.	Argile hervienne.	Terrain houllier.	Profondeur du puits.
Galerie principale									
Puits n° 1	148.600	"	1.50	"	"	"	4.00	21.50	27.00
Puits " 2	146.460	"	1.25	"	"	0.75	4.50	18.20	24.70
Puits " 3	167.185	20.00	6.50	"	0.50	15.00	7.00	16.30	45.30
Puits " 4	180.850	30.00	10.00	0.50	6.75	18.75	8.50	14.25	58.70
Puits d'accès n° 5	188.690	36.00	10.40	4.00	8.00	20.60	10.10	13.20	66.50
Puits " 6	184.915	31.50	16.30	"	6.00	18.60	11.65	9.75	62.30
Puits " 7	180.372	32.00	12.25	"	9.00	20.50	n'a pas été mis à	pro	
Puits " 8	179.100	28.80	7.50	"	8.75	23.25	15.25	1.25	56.00
Puits " 9	n'a pas été fait.								
Puits d'accès n° 10	173.460	22.00	7.00	"	6.20	27.00	9.80	"	50.00
Puits " 11	n'a pas été fait.								
Puits " 12	165.857	19.00	5.30	"	7.60	23.40	5.80	"	42.00
Puits d'accès n° 13	162.499	18.60	2.15	"	8.85	24.70	2.95	"	38.60
Puits " 14	161.931	21.00	4.90	"	8.10	24.95	"	"	37.90
Puits " 15	164.850	24.80	6.00	"	5.50	28.56	"	"	40.00
Puits " 16	167.136	30.10	10.00	"	9.40	22.85	"	"	42.30
Puits d'accès n° 17	162.545	25.00	8.80	"	11.00	17.75	"	"	37.50
Puits " 18	163.452	32.00	11.00	0.40	7.40	19.55	"	"	38.30
Puits " 19	162.407	32.55	10.70	"	8.90	17.60	"	"	37.90
Puits d'accès n° 20	161.496	27.30	11.40	"	8.80	16.00	"	"	36.20
Puits " 21	155.183	24.80	9.10	"	9.50	11.20	"	"	29.30
Puits " 22	153.141	20.90	7.00	"	9.90	10.75	"	"	27.60
Puits d'accès n° 23	159.194	31.50	17.00	"	14.50	2.10	"	"	33.60
Galerie Est									
Puits n° 1	154.063	28.40	8.50	"	10.50	9.60	"	"	28.60
Puits " 2	150.548	23.64	5.00	"	7.00	13.74	"	"	25.70
Puits d'accès n° 3	153.045	21.55	5.20	3.00	12.80	6.10	"	"	27.10
Puits " 4	158.241	27.25	9.30	"	10.50	12.40	"	"	32.20
Puits " 5	153.276	27.50	5.70	"	6.80	19.56	"	"	32.00
Puits d'accès n° 6	159.869	32.00	7.70	"	5.90	19.96	"	"	33.50
Puits " 7	157.439	27.20	4.10	"	10.65	16.25	"	"	31.00
Puits " 8	153.718	25.00	6.80	"	7.00	18.40	"	"	32.20
Puits " 9	161.099	27.00	8.35	"	8.55	17.60	"	"	34.50
Puits " 10	160.202	26.00	9.00	"	7.75	16.75	"	"	33.50
Puits " 11	162.672	30.20	7.75	"	8.00	20.10	"	"	35.80
Puits d'accès n° 12	165.251	36.00	9.00	"	7.50	21.83	"	"	38.30
Galerie Ouest.									
Puits d'accès n° 1	161.818	34.20	19.40	"	9.00	7.70	"	"	36.10
Puits " 2	164.472	37.10	18.00	"	8.10	12.50	"	"	38.60
Puits d'accès n° 3	160.985	32.90	15.50	1.00	9.00	9.53	"	"	35.00

DÉSIGNATION DES PUIITS	Cote du terrain à l'orifice.	Profondeur à laquelle on a rencontré l'eau.	Terre végét. et Limon quatern.	Sable tongrien.	Amas de silex.	Grate blanche.	Argile hervienne.	Terrain houiller.	Profondeur du puits.
Puits n° 4	158.076	28.00	12.20	0.60	7.20	11.95			31.95
Puits " 5	157.648	27.00	12.50		3.50	15.55			31.55
Puits " 6	161.700	31.50	15.50		10.80	9.20			35.50
Puits d'accès n° 7	161.793	30.45	14.90		8.90	11.70			35.50
Puits " 8	154.330	26.50	7.00		11.00	9.95			27.95
Puits " 9	150.244	19.65	3.00		6.00	14.75			23.75
Puits " 10	160.329	26.87	12.35		2.15	19.20			33.70
Puits d'accès n° 11	158.485	25.80	8.30		6.70	16.75			31.75
Puits " 12	155.928	23.17	7.00		8.50	13.65			29.15
Puits " 13	153.993	20.00	7.60		8.00	11.50			27.10

Voici maintenant, tels qu'ils nous ont été fournis, d'une part, par l'Administration communale, d'autre part, par l'entrepreneur actuel du prolongement occidental des galeries, M. D. Seutin, les chiffres concernant les puits de la deuxième entreprise.

TABLEAU DES ÉPAISSEURS OU DES PROFONDEURS

de chacun des éléments constituant la coupe des puits de la galerie de l'Ouest prolongée.

DÉSIGNATION DES PUIITS.	Cotes du terrain à l'orifice.	Profondeur à laquelle on a rencontré l'eau.	Terre végétale et limon quaternaire.	Sable tongrien.	Amas de silex.	Sable infiltré.	Grate blanche.	Profondeur des puits.
Galerie de prolongement Ouest.								
Puits a	156.885	24.24	12.00		9.00		10.74	31.74
Puits d'accès A.	151.809	18.75	10.20		6.00	0.75	9.63	25.58
Puits b'	151.85(?)	18.80	10.00		6.00	0.75	8.05	25.80
Puits b''	155.393	22.50	12.10		5.75	0.60	10.66	29.11
Puits b'''	149.805	16.75	8.25		5.60	0.50	9.05	23.40
Puits b''''	148.960	15.75	8.00		5.50	0.60	8.40	22.50
Puits d'accès B.	151.185	18.00	10.50		6.00	0.40	7.72	24.62
Puits c	155.609	22.75	11.50		6.00	0.40	11.10	29.00
Puits d'accès C.	151.806	18.70	9.15		5.75	0.30	9.90	25.10
Puits d	150.59	17.00	8.30		5.28	0.40	9.82	23.80
Puits d'	147.274	14.00	4.80		5.20	0.30	10.10	20.40
Puits d''	147.375	13.75	6.30		6.20		7.92	20.42
Puits d'accès D.	149.66	16.00	9.30		5.25		7.06	22.61
Puits e'	150.65	16.25	10.10		8.50		4.90	23.50
Puits e''	153.54	19.25	13.10		4.00		9.20	26.30
Puits e'''	157.63	23.50	18.00		4.00		9.30	30.30

(Absence complète de sable oligocène tongrien).

Nous reproduisons ci-dessous, comme dernière annexe, le Rapport de M. le Professeur Chandelon, dont il a été question dans la deuxième note de la page 263.

Rapport de M. le professeur Chandelon sur la composition et les qualités des eaux alimentaires de la ville de Liège.

Liège, le 3 février 1883.

Messieurs les Bourgmestre et Échevins de la ville de Liège,

J'ai la satisfaction de vous annoncer que les analyses que j'ai exécutées à la suite de votre dépêche du 29 janvier dernier (Bureau de Police n° 793), ont donné les résultats les plus favorables et les plus rassurants et m'autorisent à considérer les eaux alimentaires de notre ville comme réunissant toutes les qualités des meilleures eaux potables.

L'Annuaire des eaux de France dit : « une eau peut être considérée » comme bonne et potable quand elle est fraîche, limpide, sans odeur ; » quand sa saveur est très faible ; qu'elle n'est surtout ni désagréable, » ni fade, ni salée, ni douceâtre ; quand elle renferme suffisamment » d'air en dissolution ; quand elle dissout le savon sans former de grumeaux et qu'elle cuit bien les légumes. »

De son côté, M. Würtz, dans son Dictionnaire de chimie pure et appliquée, ajoute que, pour être potables, les eaux doivent ne pas contenir plus d'un demi gramme (50 centigrammes) de matières minérales composées elles-mêmes, en très grande partie, de sels calcaires ; et spécialement de carbonates ; et ne pas contenir non plus de matières organiques colorantes ou odorantes, ni surtout organisées.

Les eaux alimentaires de Liège répondent à ces conditions. Les échantillons sur lesquels j'ai opéré ont été pris à l'Université, à l'Hôtel de Ville et rue d'Archis n° 14, c'est-à-dire dans des milieux très différents.

Néanmoins, ils ont donné les mêmes résultats.

A part sa limpidité qui, en ce moment, n'est pas parfaite, par suite de la présence de particules de craie tenues en suspension, l'eau alimentaire de Liège possède toutes les propriétés que nous venons de rappeler.

Elle est fraîche et marque de 8 à 9 degrés centigrades à sa sortie des conduites. Sa saveur est légère et agréable. Soumise à l'évaporation, dans

une capsule de platine, elle laisse un résidu blanc, qui, séché à 140°, ne pèse que 34 centigrammes par litre.

Ce résidu se compose essentiellement de carbonates de chaux et de magnésie, mêlés à de très faibles proportions de chlorure sodique et de sulfate de chaux.

Chauffé au rouge, dans un tube fermé, ce résidu ne brunit pas et ne dégage aucune odeur empyreumatique. Donc il ne contient pas de matières organiques.

L'eau fraîche marque 25 1/2 degrés à l'hydrotimètre.

Après ébullition, c'est-à-dire après précipitation d'une grande partie des carbonates de chaux et de magnésie correspondants aux bi-carbonates primitifs, la teneur hydrotimétrique descend à 11 degrés ; ce qui prouve encore que le résidu de l'évaporation est principalement composé de carbonates.

La teinte jaunâtre que prend l'eau bouillie en suite de l'addition de quelques gouttes de chlorure d'or, ne devient pas violette ou bleuâtre par l'ébullition. Nouvelle preuve de l'absence de matières organiques.

Soumise à l'essai au permanganate de potassium, par la méthode de M. Monnier, elle prend une teinte rose persistante par l'addition de trois à quatre sixièmes de milligramme de ce réactif.

Or, les eaux distillées du commerce décomposent, par litre, de 1 à 3 milligrammes de permanganate de potassium ; suivant les comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris (T. I, f. 1084).

Cette observation confirme encore l'absence de matières organiques.

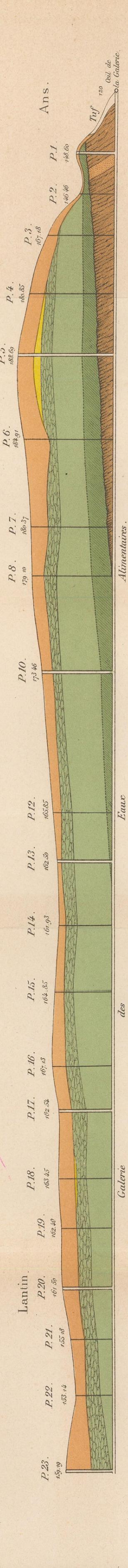
Le réactif de Sprengel (solution de phénol cristallisé dans l'acide sulfurique concentré) a fait découvrir des traces de nitrate dans les résidus d'évaporation de nos eaux ; mais on sait qu'on en rencontre généralement aussi dans presque toutes les eaux de source.

Veuillez, Messieurs, agréer l'expression de mes sentiments les plus distingués,

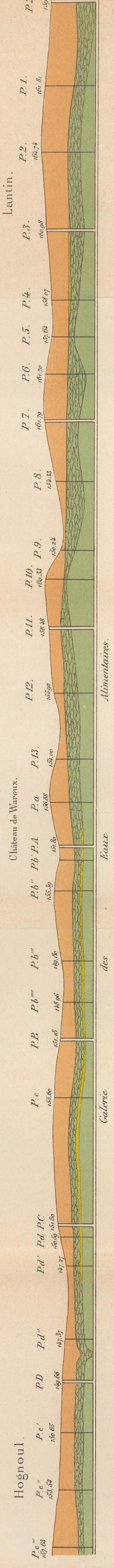
(S.) J. CHANDELON.

LES EAUX ALIMENTAIRES DE LA VILLE DE LIÈGE.

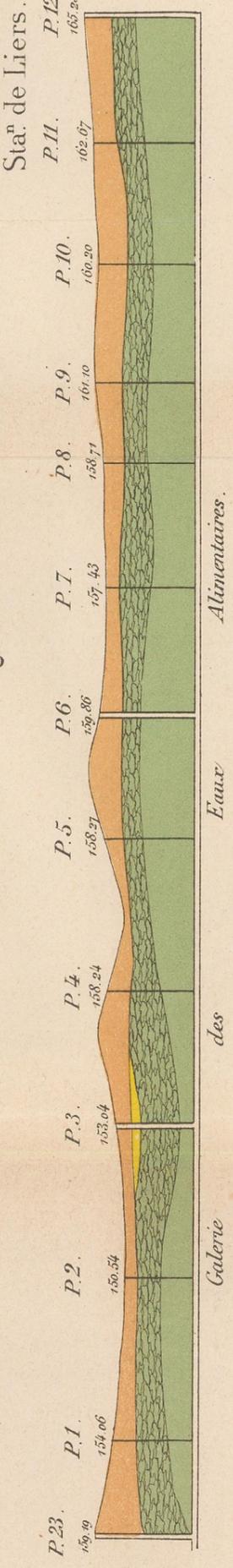
Coupe longitudinale du terrain compris entre le sol et la galerie principale des Eaux alimentaires de la Ville de Liège.



Coupe longitudinale du terrain compris entre le sol et la galerie Ouest des Eaux alimentaires de la Ville de Liège.



Coupe longitudinale du terrain compris entre le sol et la galerie Est des Eaux alimentaires de la Ville de Liège.



LÉGENDE :

- Limon quaternaire.
- Sable tongrien.
- Sable infiltre.
- Banc de silex.
- Craie blanche.
- Argile herminienne.
- Terrain houiller. (schiste et grès)

Echelle: { des longueurs: 1/10.000
des hauteurs: 1/2000

Nota: Pour chaque puits le N.º d'ordre ainsi que la cote de l'orifice sont indiqués.
Les puits représentés par un double trait sont des puits d'accès ou de service. Ceux représentés par un simple trait sont fermés.