

| | PAGE. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| BELGIQUE. — Mouvement de la navigation intérieure en Belgique. Note de M. L. De Smet, Conducteur des Ponts et Chaussées. | 870 |
| FRANCE. — Barrage-écluse de Créteil, sur la Marne. — Canal de la Marne à la Saône. Construction sous l'eau d'un radier d'écluse en béton | 876 |
| PAYS-BAS. — Amélioration du canal d'Amsterdam à la mer du Nord. | 877 |
| PORTUGAL. — Laboratoire d'études et d'essais de matériaux de construction | 878 |
| RUSSIE. — Drague marine à godets de 1,000 chevaux | 879 |
| TUNISIE. — Pont transbordeur de Bizerte | 880 |
| DIVERS. — Résistance au cisaillement des rivets en acier. — Rapidité de construction des ponts. — Électricité. Ses dangers. — Développement des tramways électriques en Europe. — Résistance au feu d'un plancher en béton. — Production de la fonte et de l'acier dans le monde. — L'asbeste dans la construction. Développement des chemins de fer. — Soudure des rails | 882 |

IV. Comptes rendus :

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ALLEMAGNE. <i>Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure</i> . — Appareils de manœuvre des écluses du canal de l'Elbe à la Trave (pl. LXVIII). | 895 |
| BELGIQUE. <i>Moniteur belge</i> . — Loi portant revision de la législation et des règlements sur la police du roulage | 900 |
| FRANCE. <i>Annales des Ponts et Chaussées</i> . — Rôle nouveau du dragage mécanique des passes dans la régularisation des fleuves. | 909 |
| PAYS-BAS. <i>Tijdschrift van het koninklijk Instituut van Ingenieurs</i> . — Pont sur l'Yssel, à Westervoort. Bassin de radoub de Talcahuano (Chili) | 911 |

V. Bibliographie :

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Étude sur la navigation intérieure en Allemagne. — Le mois scientifique et industriel. | 915 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

VUES PHOTOGRAPHIQUES :

Les travaux de dérivation des sources du Bocq.
Caissons au fonçage à Ostende.

PLANCHES LXI-LXVIII.

MÉMOIRES

LES TRAVAUX DE DÉRIVATION DES SOURCES DU BOCQ

PAR

Ed. WALIN

Ingénieur principal des Ponts et Chaussées.

PLANCHES LXI A LXIII.

Le problème de l'alimentation de l'agglomération bruxelloise en eau potable est aujourd'hui résolu, la dérivation des sources du Bocq est un fait accompli; l'eau fraîche et pure coule abondamment dans les populeuses communes quienserrent la ville de Bruxelles et forment avec celle-ci une agglomération de 600,000 habitants.

Bien peu de personnes se doutent de la somme d'efforts qu'il a fallu déployer pour atteindre ce but; peu d'ingénieurs savent de quelle manière les difficultés que soulèvent des travaux de l'espèce peuvent être vaincues.

La présente notice a pour but de mettre les lecteurs des *Annales des Travaux publics* de Belgique au courant de la question. Elle est divisée en trois chapitres comprenant :

- 1° les études et les travaux préliminaires;
- 2° la description du projet adopté;
- 3° le mode et les procédés d'exécution.

CHAPITRE PREMIER.

ÉTUDES ET TRAVAUX PRÉLIMINAIRES.

§ 1. HISTORIQUE DE LA QUESTION.

Ce n'est qu'après de longs tâtonnements et de nombreuses discussions qu'a pu être constituée, sous la forme intercommunale et coopérative, l'association des communes-faubourgs de Bruxelles, qui a permis

de doter l'agglomération bruxelloise d'une large et complète distribution d'eau potable.

Depuis près d'un demi-siècle on s'occupait de la question ; ce fut, en effet, en 1852, le 14 décembre, que le Conseil communal de Bruxelles décida de capter les sources du Hain, situées à une vingtaine de kilomètres de la capitale.

Ce travail permit d'amener journellement à Bruxelles 13,000 mètres cubes d'eau. L'acquisition de nouvelles sources et les galeries de drainage établies dans le bassin du Hain complétèrent cette distribution d'eau.

Mais les quantités d'eau ainsi fournies à la ville de Bruxelles furent bien vite insuffisantes et les drainages donnèrent lieu à de violentes protestations. Aussi, dès 1871, le Conseil provincial nomma-t-il une Commission chargée d'examiner le problème de l'alimentation de l'agglomération bruxelloise en eau potable. Cette Commission adopta, en 1874, le projet Dussart, qui consistait à dériver les eaux de l'Ourthe, en vue d'alimenter la plupart des villes et des grandes agglomérations de la Belgique, qui, presque toutes, manquaient d'eau potable. La consommation et, par conséquent, la recette devaient être considérables ; cependant, le projet Dussart ne put être exécuté, faute des capitaux énormes qu'il aurait nécessités tant pour l'exploitation que pour le premier établissement des ouvrages. Les eaux de l'Ourthe, en effet, ont deux grands inconvénients : 1^o elles ne sont pas potables, il faut les filtrer et, malgré cela, elles restent fades ; 2^o elles provoquent, comme toutes les eaux douces venant des terrain schisteux et des fagnes, la formation de dépôts considérables de rouille dans les conduites en fonte.

Vers 1874, la ville de Bruxelles établit ses galeries de drainage profond, d'abord sous le bois de la Cambre, ensuite sous la forêt de Soignes.

Ces travaux sont aujourd'hui terminés ou à peu près et la ville peut disposer d'une quantité d'eau suffisante pour les besoins de sa population et de ses services publics.

Restaient les communes-faubourgs de Bruxelles à alimenter ; ici les besoins d'eau potable se faisaient vivement sentir.

En 1882, Sa Majesté le Roi, soucieux de remédier à cette situation, institua un concours ayant pour objet le meilleur ouvrage sur la manière de pourvoir abondamment et au moindre prix nos grandes villes et, tout spécialement, l'agglomération bruxelloise, de la meilleure qualité d'eau potable, en tenant compte de l'augmentation prévue du nombre des habitants.

Le *Moniteur belge* du 2 avril 1884 publia le rapport du jury chargé

d'examiner les projets présentés ; aucun de ceux-ci, d'après le jury, ne méritait le prix du Roi.

En 1884, la Commission communale des eaux fut constituée ; elle avait pour but de déterminer l'attitude à prendre vis-à-vis de la ville de Bruxelles, afin d'amener celle-ci à organiser dans les faubourgs un service d'eau plus complet et moins onéreux que le service alors existant. La Commission communale fit d'abord établir judiciairement les droits respectifs de la ville et des faubourgs. A sa demande, la commune de St-Gilles engagea un procès à l'effet de faire décider qu'elle n'était pas liée à la capitale à propos de la distribution d'eau ; les tribunaux lui donnèrent gain de cause. Cette décision consacrait pour les faubourgs un droit et un devoir : elle leur donnait la faculté, en même temps qu'elle leur imposait l'obligation de chercher une solution sans le concours de la ville, dont l'inaction, sinon la mauvaise volonté, était évidente.

Le 20 octobre 1888, à la demande du Conseil provincial du Brabant, toujours en éveil quand il s'agit d'hygiène publique, un arrêté royal instituait, sous la présidence de M. le Gouverneur du Brabant, une Commission chargée d'étudier les divers projets de distribution d'eau proposés pour fournir aux communes formant l'agglomération bruxelloise, une eau potable en abondance.

Le 19 novembre suivant, la Commission nommait pour lui faire rapport sur les projets à l'étude, une sous-Commission technique.

Le 16 décembre 1889, cette sous-Commission envoyait aux membres de la Commission plénière, un remarquable rapport, œuvre de MM. Jean Le Clercq et Ch. Lagasse, concluant à l'unanimité mois une voix, celle de M. Van Mierlo, alors ingénieur de la ville de Bruxelles, en faveur du projet de dérivation des sources de Modave, dressé par M. Paul Van Hoegaerden.

Ces conclusions furent admises, après quelques modifications de détails, par la Commission plénière, dans sa séance du 29 janvier 1890.

La Commission de 1888 avait bien posé le problème : il fallait amener dans l'agglomération bruxelloise de l'eau de source pure, fraîche, conduite jusqu'au lieu de consommation par la simple gravité.

Dès lors, la voie était tracée, et la Commission communale reprit ses travaux avec la volonté d'aboutir.

Non seulement M. Paul Van Hoegaerden avait mis en relief l'importance et la qualité parfaite des eaux de sources de Modave, mais il offrait même de les amener dans l'agglomération bruxelloise, à concurrence de 40,000 mètres cubes par jour, suivant prix à convenir.

En présence de cette offre et des conclusions de la Commission

de 1888, les communes suburbaines de Bruxelles, n'hésitèrent plus : le 12 décembre 1891, neuf d'entre elles constituèrent, sous la forme coopérative, la Société intercommunale des eaux, dont les statuts furent publiés au *Moniteur belge* le 30 décembre suivant.

Dès le 21 décembre 1891, la Société faisait appel aux auteurs de projets, en leur indiquant le programme à suivre ; six d'entre eux soumièrent le résultat de leurs études à la Compagnie. C'est à ce moment que celle-ci appela l'auteur de la présente notice à prendre la direction de son service technique et de son personnel. M. le Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics voulut bien lui accorder les autorisations administratives nécessaires pour l'exercice de ses nouvelles fonctions.

§ 2. — CHOIX DU PROJET.

Parmi les communes associées, les plus importantes, Ixelles, Saint-Gilles, Saint-Josse-ten-Noode et Schaerbeek contractèrent envers la Compagnie intercommunale, dès la constitution de celle-ci, l'engagement de prendre et de payer annuellement une quantité d'eau égale à 150 litres par jour-habitant, ce qui représente, d'après la population de ces communes au 31 décembre 1898, un total de 30,000 mètres cubes par jour.

Cette quantité d'eau est plus que suffisante pour alimenter largement les quatre communes précitées, car actuellement à Bruxelles la consommation par jour-habitant atteint à peine 75 litres, c'est-à-dire, la moitié du chiffre unitaire mentionné ci-dessus.

Par contrats avenus dans le courant de l'année 1898, les communes d'Auderghem, de Watermael-Boitsfort, de Forest, de Woluwe-Saint-Pierre et de Woluwe-Saint-Lambert concédèrent le service des eaux sur leurs territoires à la Compagnie intercommunale des eaux.

Au 31 décembre 1897, ces communes avaient ensemble une population de 25,000 habitants.

Il semble évident qu'elles consommeront relativement moins d'eau que les communes-faubourgs et qu'une distribution moyenne de 75 litres par jour-habitant doit suffire largement à tous les besoins de cette partie de l'agglomération bruxelloise, soit, pour cette partie, 4,875 mètres cubes par jour.

D'autre part, la Compagnie, en vertu d'un contrat conclu en 1897, fournit l'eau nécessaire à la commune de Cureghem-Anderlecht, depuis le 1^{er} janvier 1898 ; celle-ci consomme environ 1,200 mètres cubes par jour, d'eau potable ; mais on doit prévoir une consom-

mation d'au moins 2,000 mètres cubes dans un avenir assez rapproché. On arrive à cette conclusion qu'une fourniture journalière de 34,000 mètres cubes d'eau suffirait amplement et pour longtemps. La Compagnie a prévu l'adduction immédiate de 35,000 mètres cubes par jour.

Mais il est évident que le projet devait être conçu de manière à pouvoir capter et amener deux fois et même trois fois plus d'eau dans un avenir plus ou moins éloigné, étant donné l'augmentation incessante de la population et les progrès de l'hygiène.

Avec le vif désir d'aboutir, la Compagnie examina tous les projets qui lui furent présentés et ceux déjà connus avant qu'elle ne fut constituée.

Le rapport, si longuement mûri, de la Commission provinciale de 1871, avait fait ressortir les inconvénients des projets exigeant la décantation, la filtration et le refoulement des eaux par des moteurs à vapeur.

Le jury pour le prix du Roi de 1882 avait rejeté tous les projets connus à cette époque, soit parce qu'ils exigeaient la filtration et le refoulement des eaux, soit parce qu'ils étaient trop coûteux, soit parce qu'ils n'étaient pas suffisamment étudiés.

La Commission gouvernementale de 1888 avait déclaré que le projet de M. Van Hoegaerden était le seul recommandable parmi ceux qui lui étaient soumis, parce qu'il était le seul basé sur le captage direct des sources naturelles.

La commission avait repoussé les projets utilisant les eaux de rivières. Elle avait, d'autre part, critiqué ceux ayant pour but de recueillir des eaux souterraines par le drainage. Elle s'était, en majorité, ralliée à l'avis suivant de sa sous-Commission :

« Dans l'opinion de la plupart des membres de votre sous-Commission, entre deux projets d'égale valeur, dont l'un est basé sur le système de galeries filtrantes, ce dernier doit être écarté en raison des difficultés et des incertitudes qu'il soulève nécessairement dans le domaine du droit, de la science, de l'administration. (1) »

En résumé, à la date du 1^{er} mars 1892, le projet de dérivation des sources de Modave était le seul connu qui pût donner de l'eau irréprochable en quantité suffisante.

Malheureusement, ce projet soulevait de la part des nombreux indus-

(1) Rapport de la Commission chargée d'étudier les divers projets de distribution d'eau pour fournir aux communes de l'agglomération de l'eau potable en abondance, page 21.

triels de la vallée du Houyoux, des protestations si énergiques, que la Compagnie n'hésita pas à rechercher une autre solution.

C'est alors que nous dressâmes, avec le concours du personnel sous nos ordres, un projet de dérivation des sources du Bocq, basé sur la captation des sources de Spontin, de Senenne, de Sovet, de Ciney, de Leignon, de Durnal et de Crupet.

Ce projet fut mis en parallèle avec celui de M. Van Hoegaerden, le seul qui, de tous les projets présentés, permettait de résoudre le problème posé. Celui-ci avait l'avantage d'assurer à la Compagnie une plus grande quantité de sources que le projet du Bocq, mais il coûtait plus cher et soulevait l'opposition que nous venons d'indiquer, sans que son auteur voulut prendre l'engagement de garantir la Compagnie intercommunale contre le recours des usiniers.

Les avis étaient fort partagés et tout indiquait que la majorité des trois-quarts des voix exigée par l'article 12 des statuts ne serait obtenue ni par le projet Van Hoegaerden, ni par le projet du Bocq.

La Compagnie était ainsi exposée à des discussions interminables, à l'indécision et peut-être à la rupture du consortium des communes, si laborieusement établi. C'est à ce moment difficile que, à la suite d'études personnelles faites avec la collaboration de M. l'ingénieur Deblon, en vue du concours pour le prix du Roi de 1893 (1), nous mettions gracieusement à la disposition de la Compagnie, une solution qui réunissait les avantages des deux précédentes, sans en avoir les inconvénients. Ce nouveau projet consistait notamment :

1° A prendre les eaux aux sources de plusieurs rivières, sans les prendre toutes, de manière à laisser dans chaque bassin hydrographique l'eau nécessaire aux besoins locaux ;

2° A établir la conduite d'amenée et les réservoirs d'alimentation de manière à aduire les sources du Bocq immédiatement, sans le concours si coûteux de machines de refoulement, tout en réservant la possibilité de dériver plus tard, de la même manière, les sources du Hoyoux, celles de l'Orneau et de l'Entre-Sambre-et-Meuse au besoin, en empruntant la plus grande partie des ouvrages précédemment établis. Ainsi l'on évitait l'opposition formidable des riverains du Hoyoux et les grandes dépenses immédiates, et l'on obtenait la quantité d'eau nécessaire pour bon nombre d'années, tout en s'assurant une réserve d'eau énorme pour l'avenir.

Ce projet fut adopté à l'unanimité des cent vingt-sept voix, représentant les neuf communes associées à l'assemblée générale du 12 décembre

(1) Le *Moniteur belge* n'a pas encore publié le résultat de ce concours.

bre 1892, sauf douze abstentions; la planche LXI en donne le tracé.

Dès lors tout sujet de discussion avait disparu, il ne restait plus qu'à mettre la main à l'œuvre et la première chose à faire, c'était de créer les ressources nécessaires à la Société.

§ 3. — SERVICE FINANCIER.

Décret d'utilité publique. — Les communes d'Ixelles, de Saint-Gilles, de Saint-Josse-ten-Noode et de Schaerbeek s'étaient engagées vis-à-vis de la Compagnie intercommunale, à prendre au moins 30,000 mètres cubes d'eau par jour, ainsi qu'il est dit plus haut, et à la payer au prix de fr. 0,04 le mètre cube; cet engagement, contracté pour 90 ans, assurait à la Compagnie un revenu annuel de $30,000 \times 0,04 \times 365 = 438,000$ francs dès la première année d'exploitation, et ce revenu devait aller en croissant avec l'augmentation de la population.

D'autre part, la province de Brabant avait promis son concours et l'on comptait sur un subside de 1,000,000 de francs, qui fut accordé à la suite d'une décision prise par le conseil provincial, dans sa session extraordinaire de 1894.

Il était en outre à prévoir que des communes de l'agglomération bruxelloise autres que les quatre faubourgs importants cités ci-dessus, traiteraient avec la Compagnie pour la fourniture de l'eau; cette prévision est aujourd'hui réalisée.

Quoiqu'il en soit, les ressources, à la fin de l'année 1892, au moment où le choix du projet à exécuter venait d'être fait, étaient modestes et pour qu'elles fussent suffisantes, il était indispensable d'emprunter à très bon compte les fonds nécessaires. Cela ne pouvait se faire qu'à deux conditions :

1° Obtenir du Gouvernement le décret d'utilité publique permettant l'expropriation des sources et des terrains nécessaires;

2° Profiter du crédit des communes ayant traité avec la Compagnie.

L'arrêté royal d'expropriation ne pouvait être pris qu'après enquête et de longues formalités administratives.

De plus, les opposants à l'exécution des projets de la Compagnie intercommunale, notamment la ville de Bruxelles et les riverains du Bocq, ne désarmaient pas. Pour vaincre leur opposition et enlever l'adhésion des pouvoirs publics, il fallait faire preuve de vitalité et aller vite en besogne; il est difficile, en effet, de ne pas s'incliner, en cette matière, devant le fait accompli.

Nous proposâmes au Conseil d'administration de la Compagnie de mettre la conduite d'amenée en adjudication en laissant à la charge de l'entrepreneur :

1° L'acquisition des terrains, sauf à la Compagnie d'obtenir les arrêtés nécessaires pour exproprier au besoin ;

2° La reconnaissance du sol et du sous-sol par sondages ;

3° L'étude des détails d'exécution.

Par contre, l'entrepreneur avait la faculté de modifier le tracé et le profil en long de la conduite d'aménée, en observant certaines conditions techniques. L'entreprise devait constituer, dans toute sa rigueur, un forfait absolu, dont les soumissionnaires devaient indiquer le montant.

Ce système d'entreprise, qui fut adopté par la Compagnie, permit d'annoncer l'adjudication des travaux dès le mois de juillet 1893, mais elle fut retardée jusqu'au 20 janvier 1894, afin de terminer, au préalable, l'enquête prescrite par la loi du 27 mai 1870.

Cinq soumissions furent déposées et M. Léon Monnoyer, entrepreneur à Bruxelles, le plus bas soumissionnaire, fut déclaré adjudicataire de la conduite d'aménée au prix de fr. 7,850,000.

Devant l'activité de la Compagnie, en présence de la ferme décision des communes de l'agglomération bruxelloise d'aller de l'avant et jusqu'au bout, M. le Ministre de l'Agriculture et des Travaux publics, considérant l'intérêt supérieur de l'hygiène qui était en jeu, soumit à la signature du Roi le décret d'utilité publique qui devait permettre la réalisation de l'œuvre. L'arrêté royal déclarant d'utilité publique les travaux de captage, d'adduction et de distribution des sources du Bocq et autorisant les expropriations nécessaires, fut immédiatement accordé; il parut le 10 juin 1894 au *Moniteur* en ce qui concerne les communes de la province de Namur traversées par le projet, et le 13 août suivant pour les communes du Brabant.

Dès lors la réussite de l'œuvre n'était plus douteuse, il ne restait qu'à emprunter l'argent nécessaire et l'on pouvait, à cet égard, tabler sur des bases certaines et solides.

La Société dressa le projet de contrat financier, qui fut adopté par les communes intéressées et par un syndicat de banquiers bruxellois, comprenant : la Société générale pour favoriser l'Industrie nationale, la Banque de Paris et des Pays-Bas, la Banque de Bruxelles, MM. Philippson, Horwitz et C^{ie} et MM. Cassel et C^{ie}.

Les communes d'Ixelles, de Saint-Gilles, de Saint-Josse-ten-Noode et de Schaerbeek, dûment autorisées à cet effet par arrêté royal, empruntaient ensemble 13,400,000 francs nominal, au taux de 3 p. c., remboursables en quatre-vingt-dix ans, et les prêtaient à la Compagnie intercommunale des eaux, à charge pour celle-ci, d'en payer l'intérêt au même taux et de les rembourser dans les mêmes conditions.

Ainsi la Société intercommunale obtient l'argent à des conditions très avantageuses, pour ainsi dire sans bourse délier, par un simple jeu

d'écritures, attendu que les quatre communes précitées devant lui payer l'eau qu'elles en reçoivent, les annuités de l'emprunt sont, à peu de chose près, compensées par le paiement des fournitures d'eau.

Dès le mois d'août 1894, cette combinaison financière si simple et si avantageuse était un fait accompli; la Compagnie intercommunale disposait alors des arrêtés et des fonds nécessaires; les travaux commencèrent immédiatement et furent poursuivis sans désemparer jusqu'à leur entier achèvement.

CHAPITRE II.

DESCRIPTION DU PROJET.

Ainsi qu'il est indiqué ci-dessus, le projet adopté par la Compagnie intercommunale des eaux consiste dans l'adduction successive, au fur et à mesure des besoins, des sources principales du Bocq, de l'Orneau, du Hoyoux et de l'Entre-Sambre-et-Meuse.

Les travaux exécutés jusqu'à présent se bornent au captage, à l'adduction et à la distribution des sources du Bocq, à concurrence de 55,000 mètres cubes par jour.

Le projet complet permet de fournir aux grandes agglomérations de la Belgique plus de 200,000 mètres cubes d'eau de sources par jour, sans supprimer aucune rivière.

Dans une conférence donnée à la Société belge de géologie et publiée dans le tome VIII de l'année 1894 des *Annales* de cette Société, nous avons démontré que les sources du Bocq et du Hoyoux donnent des eaux potables de la meilleure qualité et d'un débit considérable. Quant à ce dernier point, on trouvera dans les *Annales des Travaux publics* (1) la description des appareils employés pour jauger le Hoyoux par empotement et vérifier les coefficients entrant dans les formules servant au calcul du débit par déversoir.

Inutile de revenir sur cette question des débits parfaitement établie et qui n'a pas soulevé de contestation. Mais dans l'intérêt de la science, dans l'intérêt de nos populations, que certains géologues, trop enclins à généraliser, voudraient priver des excellentes eaux de nos calcaires carbonifères, sous prétexte que ces terrains peuvent contenir quelques aiguigeois, nous rappellerons nos conclusions du 6 mars 1894 à la Société de géologie, les faits, les nombreux kilomètres de galerie exécutés pour le captage et l'adduction des sources du Bocq dans les terrains calcaires ayant absolument confirmé nos prévisions.

Nous indiquerons ensuite, sommairement, les méthodes d'investi-

(1) Voir aussi « *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales annexées à l'Université de Gand*, t. XVI, 2^e livraison ».

gation généralement en usage dans la recherche des eaux potables et nous passerons, en dernier lieu, à la description des travaux.

§ 1. — CIRCULATION, FILTRATION ET ABONDANCE DES EAUX
DANS LES CALCAIRES.

Voici comment nous nous exprimons, le 6 mars 1894, à ce sujet, devant la Société de géologie :

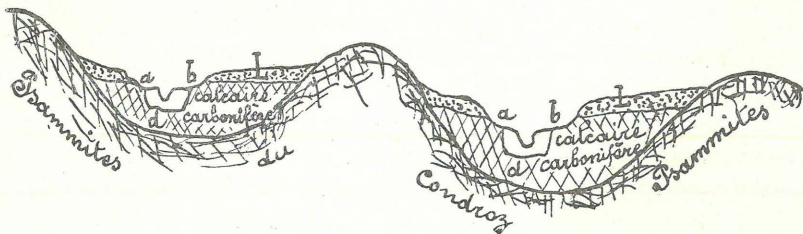
« Nous croyons avoir démontré que les ressources aquifères des » calcaires carbonifères sont considérables ; que ces terrains sont très » perméables, quoique recouverts d'une épaisse couche de limon » sableux ; que les vides contenus dans les profondeurs des calcaires » du Condroz doivent être moindres dans leur ensemble que ceux des » terrains très sablonneux ; que les ruissellements sont faibles dans » les bassins du Bocq et du Hoyoux et qu'il est facile, à peu de frais, » d'écarter les rares eaux de surface qui pourraient troubler et cor- » rompre des sources très peu importantes et parfaitement isolées ; » que les aiguigeois sont non seulement très rares dans ces bassins, » mais qu'ils ne reçoivent que très peu d'eau. »

Il résulte évidemment de tous ces faits que, d'une manière générale, les eaux souterraines dans les bassins du Bocq et du Hoyoux ne sont pas en communication avec la surface par de larges ouvertures, contrairement à ce que l'on voit dans les environs de Rochefort et de Remouchamps.

Il y a incontestablement des canaux dans les calcaires de ces bassins, mais ils ne peuvent être ni très grands, ni en relation dangereuse avec les ruissellements.

Ce dernier point est plus spécialement établi par les résultats des nombreuses analyses chimiques et bactériologiques effectuées.

Pour se faire une idée de la manière dont les eaux circulent dans ces bassins, on remarquera que les sources du Bocq et du Hoyoux émergent dans des vallées profondes et dominées par des plateaux à faible pente, formés de calcaires carbonifères dans les parties les moins élevées et des psammites du Condroz sur les sommets, comme le montre le schéma ci-dessous.



a b d, argile compacte dans laquelle le lit du Bocq est établi — L, limon sableux recouvrant le calcaire carbonifère. — a b, points d'émergence des sources.

Remarquons en outre, d'après la carte géologique détaillée et la notice explicative des feuilles de Natoye, de Ciney et de Modave, que les sables sont d'ordinaire superposés aux calcaires carbonifères et recouverts par des dépôts quaternaires et modernes ; qu'ils sont très abondants sur les calcaires et font défaut sur les collines psammitiques.

Dès lors, les pluies qui tombent sur les collines psammitiques, à peu près imperméables, ruissellent vers les plateaux dans lesquels elles se perdent.

Celles qui tombent sur les plateaux calcaires, éminemment perméables, pénètrent directement dans le sol en traversant des terrains généralement argilo-sableux, parfois détritiques, des nappes ou des poches de sables, gagnent les fissures de roches, très nombreuses vers la surface — comme on le constate dans toutes les carrières — cheminent de haut en bas par des chemins extrêmement sinueux et capricieux, par des joints plus ou moins étroits, parfois atteignent un canal, une poche, et de là un autre canal qui peut se resserrer ou s'agrandir et se diviser en plusieurs branches, notamment lorsqu'il s'approche des flancs de côteau, où la roche est de nouveau très divisée.

Filtration des eaux. — Dans leur descente lente, contrariée, difficile, vers les profondeurs du sol, ou dans leur cheminement vers les points bas des vallées, les eaux des calcaires carbonifères rencontrent des matières meubles, très filtrantes. Toutes les crevasses, les poches et, en général, les intervalles entre les bancs calcaires, sont, en effet, remplis de limon sableux ou de sable argileux ; c'est là la caractéristique des bassins du Bocq et du Hoyoux ; on peut s'en assurer par la visite des carrières du pays.

A ce propos, nous ne pourrions mieux nous exprimer qu'en rappelant deux courts passages du rapport de M. Van den Broeck, sur les sources du Hoyoux, rapport publié dans le *Bulletin* de la Société de géologie, tome IV, 1890 (1).

« En ce qui concerne les objections que l'on a tenté d'élever contre le » degré de filtration des eaux, nous ferons remarquer tout d'abord que » les eaux ne s'engouffrent pas directement dans les fentes du calcaire. » Il y a des sables superficiels et des cailloux très répandus dans toute » la région ; tout en laissant passer aisément les eaux, ces dépôts arrê-

(1) Les sources de Modave et le projet du Hoyoux considérées aux points de vue géologique et hydrologique par Ernest Van den Broeck, conservateur au Musée royal d'histoire naturelle de Belgique. Bruxelles, imprimerie Polleunis et Ceuterick, rue des Ursulines, 57.

» tent leurs impuretés au passage; les limons et le terrain détritique
 » superficiel qui remplacent souvent les premiers, jouent également,
 » malgré leur faible développement, un utile rôle de filtre.

» Si, en quelques endroits, l'on peut constater des pertes d'eaux
 » courantes, des bétoires ou gouffres, où disparaissent les eaux au sein
 » des calcaires, il ne faut pas perdre de vue que le chemin souterrain,
 » très étendu, que fait faire, aux très rares eaux souterraines qui se
 » trouvent ici dans ce cas, la disposition des plissements calcaires,
 » que ce chemin souterrain, dis-je, doit permettre le dépôt et le filtrage
 » des matières entraînées avec les eaux.

» Il est un critérium intéressant, parmi les bases scientifiques du
 » débat, permettant de juger si les calcaires constituent seulement un
 » système de cavités et de canaux amenant simplement aux sources
 » de Modave des eaux peu filtrées, passagèrement souterraines et
 » représentant, par exemple, un engouffrement d'amont des eaux du
 » Hoyoux lui-même; ou bien si ces eaux de Modave doivent être consi-
 » dérées comme de véritables sources originelles, formées après de
 » longs parcours souterrains et après une filtration prolongée.

» Ce critérium consiste à faire appel à l'analyse chimique de chacune
 » des sources, à vérifier si elles présentent de grandes différences et,
 » enfin, à rechercher si les différences éventuelles montrent quelque
 » relation avec la nature des diverses roches encaissantes. »

Analyses répétées des eaux de sources. — Observations. — Pour juger
 de l'effet de la filtration et en même temps de l'influence de quelques
 bétoires ou aiguigeois signalés, nous avons observé et fait observer
 toutes les sources par des hommes capables et consciencieux, à toutes
 les époques de l'année, et nous les avons soumises à de nombreuses
 analyses.

Par tous les temps, avant, pendant ou après les pluies, l'on a
 constaté la limpidité permanente de l'eau des sources à capter, leur
 pureté chimique et bactériologique, leur teneur constante en calcaire
 dissous, leur température uniforme, comprise entre 10 et 10 1/2 degrés
 centigrades à l'émergence.

Tous ces faits prouvent à l'évidence que les eaux souterraines des
 bassins du Bocq et du Hoyoux circulent de façon à subir une épuration
 parfaite.

On juge de cette élaboration par les résultats des analyses des
 sources.

On constate, notamment, qu'après les grandes pluies des mois de
 septembre, octobre, novembre et mi-décembre 1893, l'eau des sources
 du Ry d'Août, à Spontin, celle des sources de Senenne et celle de Reu-

leau, contiennent moins de bactéries qu'à la fin de la sécheresse de
 l'été précédent et ne contiennent aucune bactérie pathogène.

Ainsi, pour ne citer que quelques chiffres, les sources du Ry d'Août,
 à Spontin, titrent :

| | | |
|-----------------------------|-----|------------------|
| le 24 juillet 1892 | 25° | hydrolimétriques |
| le 4 septembre 1893 | 25° | — |
| le 19 décembre 1893 | 26° | — |

Leur résidu par litre est :

de 0^{gr}.315 à la première date ;
 de 0^{gr}.500 à la seconde date, et encore
 de 0^{gr}.500 le 19 décembre 1893.

Les sources de Senenne, titrent 25° et contiennent 22 bactéries par
 centimètre cube, le 26 août 1893, après une longue sécheresse.

Les mêmes eaux recueillies le 14 décembre 1893, après trois mois
 et demi de fortes pluies, titrent toujours 25° et ne contiennent plus
 que 8 bactéries par centimètre cube.

Les sources de Reuleau titrent 26° le 24 juillet 1892; 25° le 4 sep-
 tembre 1893, et encore 25° le 19 décembre suivant.

Le nombre de bactéries, toujours non pathogènes, est de 20 le 4 sep-
 tembre et de 19 le 19 décembre 1893.

Les résultats sont analogues pour les autres sources du bassin du
 Bocq et pour celles du Hoyoux, à l'exception de deux petites sources
 bien connues, dont il ne vaut pas la peine de parler, car personne ne
 songe à les capter.

Jaugeages. — Indépendamment des résultats des analyses et des
 observations sur la limpidité et la fraîcheur des sources, il a été fait de
 nombreux jaugeages.

Les diagrammes de ces jaugeages établissent :

1° qu'il n'y a pas de perte ou d'engouffrement d'eau de rivière dans
 les régions des sources à capter;

2° que le débit des sources du Bocq et du Hoyoux diminue insensi-
 blement de juillet jusqu'à la fin novembre, malgré trois ou quatre mois
 de pluies copieuses antérieures.

Ces résultats concordent à peu près avec l'opinion des gens du pays,
 d'après laquelle les sources diminuent et grossissent comme les jours.

Il est évident que si les sources étaient en relation directe avec la
 rivière ou avec des aiguigeois recevant des eaux de ruissellements, par
 des canaux dans lesquels elles seraient simplement décantées et non
 filtrées, leur débit varierait brusquement comme celui des eaux que
 recevraient les aiguigeois; leur limpidité admirable, leur température,

leur composition chimique et bactériologique seraient également très variables. Or, c'est le contraire que l'on constate.

Conclusions. — De ce qui précède on peut conclure :

1° que les sources de chacun des bassins calcaires considérés ont une commune origine ; qu'elles viennent d'une couche souterraine ;

2° que la circulation, sauf les exceptions indiquées ci-après, se fait, dans les calcaires carbonifères, non par des canaux constamment en relation avec la surface par aiguigeois, mais bien par des diaclases, des joints, des cassures, des nappes de sables ou des matières meubles, des conduits de toute nature disposés de manière que les eaux, après leur parcours souterrain, soient parfaitement filtrées.

La circulation par un canal souterrain en relation avec un aiguigeois superficiel ne se fait que pour les eaux qui se troublent après les pluies, c'est-à-dire pour trois petites venues d'eau, l'une à Brugelette (bassin du Bocq), l'autre à la vallée de Vyle, la troisième au ruisseau de Saint-Pierre (bassin du Hoyoux, comme celle de Vyle) et improprement appelées sources.

Les masses calcaires du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse, et les terrains perméables homogènes, quoique de nature et de composition différentes, jouent donc un rôle analogue au point de vue de la filtration des eaux.

Pourquoi les terrains calcaires du Condroz sont filtrants. — Nous avons rappelé plus haut que les calcaires du bassin du Bocq et du Hoyoux appartiennent à la formation carbonifère. Les sables, qui, à l'époque tertiaire, recouvraient les calcaires carbonifères, sont restés en place en de nombreux points. Ailleurs, les sables et le limon se sont infiltrés dans les poches, les diaclases, les aiguigeois, les canaux de toute nature. On comprend dès lors comment les eaux circulant dans ces multiples conduits, suivant la loi de la gravité, arrivent aux sources parfaitement filtrées.

Mais, indépendamment de l'action des sables, il est permis de se demander si le calcaire carbonifère, dont la pureté est si remarquable, ne jouerait pas aussi un rôle dans le phénomène de la filtration.

Nous savons que les filtres artificiels ne fonctionnent que par leur surface lorsqu'ils sont couverts à point d'une bonne « schlam ».

Les surfaces du calcaire ne joueraient-elles pas un rôle analogue ?

Les calcaires carbonifères sont souvent recouverts d'une couche de bousin, c'est-à-dire de matière argilo-sableuse, qu'ils ont évidemment enlevée aux eaux avec lesquelles ils sont en contact. Ce bousin adhère tellement au calcaire qu'il est impossible de l'en séparer.

Si le calcaire n'exerçait pas une action intime et profonde sur les eaux, où celles-ci iraient-elles prendre les 25 degrés hydrotimétriques reconnus par l'analyse des sources ?

Quoiqu'il en soit, il est démontré et acquis aujourd'hui à la science, que les sources des calcaires du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse sont, à de rares exceptions près, sans importance et faciles à écarter, des eaux potables excellentes au point de vue des usages domestiques ; que ces sources sont nombreuses et d'un débit considérable.

En outre, ces sources sont placées à une altitude permettant leur adduction vers les centres populeux du pays sans l'aide d'aucune machine et elles sont relativement faciles à capter.

Nous n'avons rien, absolument rien à changer à ces conclusions, émises en 1894. Les travaux considérables exécutés depuis cinq ans à toutes les profondeurs des calcaires n'ont fait que les confirmer.

De façon générale, ces faits démontrent à l'évidence que les géologues se trompent lorsqu'ils prétendent que les eaux ne circulent dans les calcaires que dans de grands canaux et des cavernes, où elles constituent des cours d'eau souterrains nullement filtrés. Ces rivières souterraines sont rares, nous n'en connaissons que dans les calcaires dévonien ; on n'en a pas rencontré une seule dans les nombreux kilomètres de galeries creusées en plein calcaire carbonifère pour le captage et l'adduction des sources du Bocq. Par contre, on a constaté que les crevasses, les poches, en général les intervalles entre les bancs de calcaire carbonifère sont remplis de matières meubles, filtrantes, sauf de très rares exceptions sans aucune importance. Les conclusions de notre mémoire prérappelé, inséré dans le tome VIII, 1894, des *Annales de la Société géologique de Belgique*, sont donc vraies et démontrées par l'expérience ; et on ne saurait trop le redire : il n'y a pas de règles fixes dans les calcaires ; les terrains de cette nature peuvent fournir de très grandes quantités d'eau potable, il suffit de savoir les choisir ; mais ce serait un crime de prohiber d'une façon absolue les eaux des terrains calcaires, comme veulent le faire certains ingénieurs appuyés par des géologues, sous le vain prétexte que certaines eaux sortant de ces terrains ne sont pas toujours irréprochables. Les rares sources mauvaises ou douteuses des calcaires carbonifères sont faciles à reconnaître et à éviter. Des sources analogues se rencontrent dans tous les terrains argilo-sableux du Brabant, et cela n'empêche point les communes et les villes de cette province d'utiliser, pour les usages domestiques, celles des sources de la région qui sont reconnues bonnes.

§ 2. — RÈGLES A SUIVRE POUR LA RECHERCHE DES SOURCES.

Pour bien des gens, tout est mystérieux en cette matière, la découverte d'une source est un événement.

Autrefois, l'on jouait de la baguette magique pour trouver les sources, et l'abbé Paramel fut célèbre dans l'art de manier ce simple appareil. Aujourd'hui, ce n'est plus la baguette que l'on consulte, c'est la carte géologique.

Il est évident, en effet, qu'une source n'est que l'expansion, le trop plein d'un réservoir d'eau souterraine. Ce réservoir étant constitué dans le sol, a naturellement un aspect et des formes extrêmement variables, selon la nature des terrains qui le contiennent. Dans les terrains sableux, par exemple, le réservoir est composé d'une infinité de petits espaces remplis d'eau; dans les terrains rocheux, le réservoir est formé par les fissures, les crevasses, les poches, les cavernes qui peuvent s'y rencontrer, suivant la nature des roches. Mais, dans tous les cas, le sol dans lequel l'eau s'emmagasine de façon à pouvoir donner lieu à la formation de sources permanentes, *doit être perméable*.

Il faut donc, pour trouver de l'eau de source, commencer par rechercher, au moyen de la carte géologique et en parcourant le pays, quels sont les terrains perméables.

En même temps, l'on trouve les terrains *imperméables*, dont l'existence est également nécessaire à la formation des sources.

Il est évident, en effet, que pour que l'eau jaillisse à la surface de la terre, il faut qu'elle soit arrêtée dans son cours souterrain et que, forcée ainsi à s'élever en s'emmagasinant dans le sol, elle atteigne un ou plusieurs points où elle puisse se déverser à la surface, à la façon d'un vase débordant.

On comprend immédiatement que les points d'émergence de l'eau souterraine doivent se trouver au contact des terrains imperméables formant barrage et des terrains perméables formant réservoir. C'est donc sur les lignes de contact des terrains imperméables et perméables et à proximité de ces lignes qu'il faut chercher les sources émergentes. Et voilà tout le mystère de la découverte des sources éclairé, sans baguette magique.

Il va de soi que la recherche des points d'émergence des sources n'est pas absolument nécessaire, lorsqu'on veut capter les eaux par drainage à grande profondeur.

En ce cas, néanmoins, il faut établir l'étendue en surface et en profondeur des terrains perméables pour juger de l'importance du volume d'eau qui peut y être emmagasiné et pour fixer le tracé et le niveau

des galeries drainantes. On est ainsi amené à déterminer la position des terrains imperméables adjacents ou sous-jacents et l'allure de la nappe aquifère, ce qui peut se faire par l'examen des puits existants et par des sondages.

De toute manière, l'étude de la géologie du pays est indispensable. Là où la carte géologique est bien dressée, elle suffira souvent; ailleurs, il faudra la compléter en explorant le pays et à l'aide de sondages.

Une fois l'eau de source trouvée, il reste à en constater la *qualité*. A cet effet, on doit procéder à de nombreuses analyses chimiques et bactériologiques. Il faut procéder à l'analyse des eaux dans toutes les saisons, notamment à l'époque des plus basses eaux et au moment des plus forts ruissellements ou un peu après leur passage.

Une analyse est insuffisante; l'eau peut être excellente à un moment donné et mauvaise, contaminée, à d'autres moments. Il est également nécessaire de jauger les sources sans interruption, au moins une année, afin de s'assurer que leur débit n'accuse pas des soubresauts, indices presque certains de l'invasion du réservoir qui alimente les sources par des eaux de crues, dues à des ruissellements généralement impurs.

L'eau doit encore être observée pendant longtemps à l'effet de s'assurer que sa température et sa limpidité sont constantes.

Une source qui se trouble à la suite des pluies ou de fonte de neiges ou dont la température ne reste pas sensiblement constante peut être considérée comme dangereuse et doit être rejetée de l'alimentation.

Lorsqu'on est sûr d'avoir la qualité et la quantité d'eau potable que l'on recherche, le rôle du chimiste, du bactériologiste et celui du géologue sont terminés, mais non pas celui de l'ingénieur. Il importe alors de concevoir le projet de captage et d'adduction de manière à fournir les eaux dans toute leur pureté, dans toute leur fraîcheur, le plus économiquement possible.

Les travaux à faire comprennent le captage, l'aménage et la distribution des eaux.

§ 3. — TRAVAUX DE CAPTAGE.

Les travaux de captage sont, sans contredit, les plus délicats, ceux qui demandent le plus de soins.

Trop souvent, pour les distributions d'eau rurales, le captage se fait en emprisonnant la source dans un petit ouvrage en maçonnerie, voûté puis recouvert d'un peu de terre. Généralement l'on n'abaisse que peu ou point le niveau d'émergence de la source et, conséquemment, celle-ci se trouve captée à faible profondeur (1 ou 2 mètres); elle est ainsi exposée à diminuer considérablement de débit après une longue période de sécheresse et à être contaminée par les ruissellements

voisins, à l'époque des pluies copieuses ou de la fonte des neiges.

Il n'est pas rare de rencontrer des distributions d'eau établies sur des prises d'eau ainsi exposées à la contamination.

On ne saurait trop insister sur la nécessité de capter les sources à bonne profondeur. En général, l'eau ne devrait pas être prise à moins de 5 mètres de la surface du sol ; la hauteur de 5 mètres peut toutefois, dans certains cas, être formée en partie du terrain naturel et en partie à l'aide de terres rapportées assimilables à un terrain filtrant.

Voici comment nous avons procédé dans la vallée du Bocq :

Les sources à capter immédiatement se trouvaient toutes, sauf deux petits groupes, sur la rive gauche de la rivière, entre Spontin et Reuleau, hameau de la commune de Sovet situé à 4 kilomètres en amont de Spontin.

Elles émergeaient au pied d'un coteau très incliné, boisé sur les trois quarts de son étendue. A Spontin, village bâti en partie dans la vallée, en partie à mi-côte, les sources jaillissaient dans les caves des habitations, à proximité des écuries, des fosses à purin et en contre-bas du cimetière.

Capter les sources de Spontin à l'émergence, c'eût été évidemment prendre un mélange d'eau pure et de matières éminemment dangereuses pour la santé publique ; c'eût été courir au devant d'une calamité.

Dans des cas semblables, il faut capter les sources au moyen de galeries passant à grande profondeur sous le coteau, en amont des habitations et le plus loin possible de celles-ci, c'est-à-dire qu'il faut prendre les eaux dans toute leur pureté, là où elles sont à l'abri de toute cause d'altération.

Dans les terrains éloignés des habitations, il est également nécessaire de capter à bonne profondeur.

Celle-ci peut varier selon la nature du terrain.

Sous les coteaux boisés, au sol perméable, où les causes de contamination des eaux souterraines sont nulles, comme dans la partie de la vallée du Bocq, située entre Spontin et Reuleau, l'aqueduc de captage peut, sans inconvénient, être établi à 5 ou 6 mètres de profondeur.

Les aqueducs ou galeries de captage des sources du Bocq satisfont aux conditions que nous venons d'énoncer. Mais le point capital en cette matière consiste à bien fixer le niveau du radier des ouvrages de captage. Si ce niveau est trop élevé, il arrivera, surtout en année très sèche, que par suite de l'abaissement de la nappe d'eau souterraine, les aqueducs ne recueilleront plus toute l'eau de source disponible et le bon fonctionnement de la distribution sera compromis.

Si, au contraire, le radier est placé trop bas, d'autres inconvénients

peuvent en résulter : 1° il arrive que l'eau ne peut plus sortir de la vallée par simple gravitation et qu'il faut la relever au moyen de machines, opération toujours très coûteuse ; 2° les frais d'établissement des ouvrages sont augmentés ; 3° dans les parties du tracé voisines d'une rivière, d'un ruisseau ou d'une dépression recevant les eaux de ruissellement, il est à craindre que la galerie ne soit envahie par les eaux superficielles, par exemple au moment des crues.

Pour établir le niveau des galeries ou des aqueducs de captage dans la vallée du Bocq, nous nous sommes basé sur le principe suivant :

L'eau souterraine affectant l'allure générale d'une nappe S. N. (fig. n° 1) sous le terrain naturel S. T, le filet liquide N D S franchit

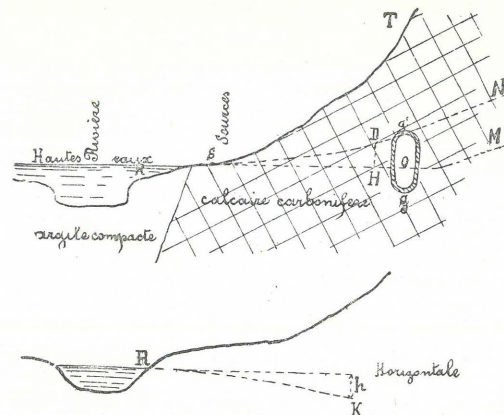


Fig. 1.

la résistance qu'il rencontre sur la longueur S. D, en vertu de la différence de niveau D. H. Inversement, l'eau de la rivière, pour passer du point R dans la profondeur du sol, en K par exemple, doit vaincre des résistances et par conséquent, s'infléchir suivant R K, h étant la mesure des résistances vaincues.

Il va de soi que le terrain de R en K doit être perméable pour que l'infiltration de l'eau de rivière dans le sol puisse se produire.

Dans la région des sources captées dans la vallée du Bocq, les rives sont formées de terrains argileux imperméables, c'est pourquoi les sources y émergent, non pas au bord R de la rivière, mais à quelque distance de là, en S, par exemple. Une galerie placée en gg' (voir croquis) recueillera évidemment toutes les eaux qui alimentent les sources voisines ; la nappe sera abaissée de SDN en OM.

Si le niveau O de l'eau dans la galerie captante se trouve plus bas que celui de la rivière d'une quantité moindre que la hauteur h, qui mesure la résistance du sol au passage de l'eau, il paraît évident que l'eau de la rivière n'envahira pas la galerie.

Il est néanmoins très prudent de s'opposer à cet envahissement. A cet effet, on peut recourir aux moyens suivants, que nous avons employés :

Tout d'abord, on construit le revêtement de la galerie en béton compact bien damé.

Dans les parties les plus rapprochées du Bocq (8 mètres au moins), on pilonne un corroi en argile d'environ 0^m.50 d'épaisseur contre le piedroit de l'aqueduc; on donne à celui-ci une hauteur intérieure telle que la naissance de la voûte ne se trouve pas au-dessous du niveau des plus hautes eaux. Si le terrain compris entre la rivière et l'aqueduc n'est pas tout à fait imperméable, on établit un deuxième corroi en argile à quelques mètres du premier; ces deux corrois descendent jusqu'à 0^m.50 environ au dessous du niveau du lit de la rivière (fig. 2).

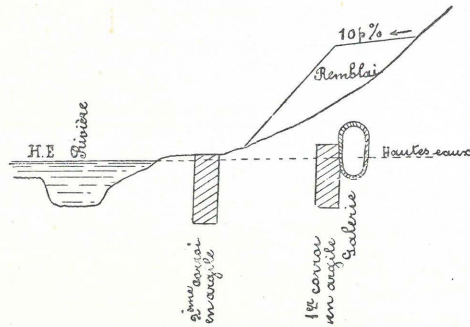


Fig. 2. — Cas où la galerie de captage se trouve à proximité du Bocq.

entre la rivière et les sources captées et empêcher toute communication de l'une aux autres.

Par surcroît de précaution, on a néanmoins disposé les ouvrages de manière que le plan d'eau dans les galeries puisse toujours être tenu un peu plus élevé que celui du Bocq.

Ainsi l'on ne peut recueillir que de l'eau de source et non point de l'eau du Bocq.

Des regards de visite et des passerelles en fer ou en béton armé établies dans les aqueducs, au-dessus du plan d'eau normal, permettent de se rendre aux points où sont installés les barrages et d'y placer le nombre de poutrelles nécessaires.

La figure 3 indique la coupe normale d'un aqueduc ou galerie de captage et le dispositif du plancher de circulation.

En temps normal, c'est-à-dire quand les barrages ne sont pas placés, on peut visiter l'aqueduc sans marcher dans l'eau, sans la souiller et en se tenant debout.

La figure 4 représente un serrement régulateur, destiné à emmagasiner une certaine quantité d'eau en amont, pour en disposer en cas de besoin.

De distance en distance, en autant de points que de besoin, on installe dans la galerie des barrages à poutrelles, au moyen desquels il est facile de relever le plan d'eau dans l'aqueduc, quand le niveau de l'eau monte dans la rivière.

De cette manière, on peut, à la rigueur, conserver constamment la même différence de niveau

C'est, en somme, un mur barrant la galerie et muni de deux tuyaux avec vannes permettant d'intercepter ou de maintenir à volonté l'écoulement de l'amont vers l'aval.

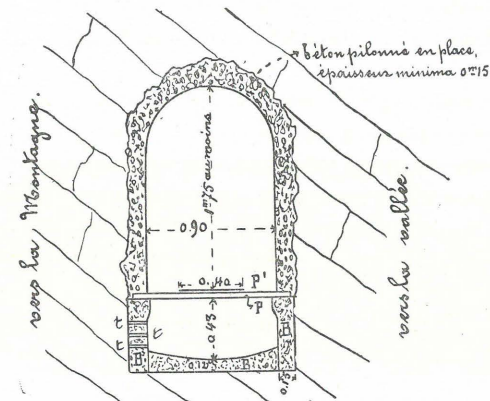


Fig. 3. Section-type d'une galerie de captage. Coupe transversale. — B, B, B, blocs de béton rapportés. — t, t, t, trous dans les blocs placés du côté de la montagne pour l'entrée de l'eau dans la galerie. — P, poutrelles à 4^k.50 le mètre courant espacées d'environ 0^m.50. — P' plancher en tôle striée.

Dans les calcaires carbonifères tels que ceux traversés pour le captage des sources du Bocq, qui sont très fissurés, les serments sont peu efficaces, mais peu coûteux (1,500 francs pièce); ils permettent, d'ailleurs, d'arrêter momentanément l'écoulement vers l'aval, de façon à faciliter éventuellement les réparations ou les nettoyages.

Les ouvrages de captation, établis sur 4 kilomètres de longueur, entre

Reuleau et Spontin, consistent, comme on voit, en aqueducs ou galeries de captage percés à flanc de coteau, à des profondeurs allant de

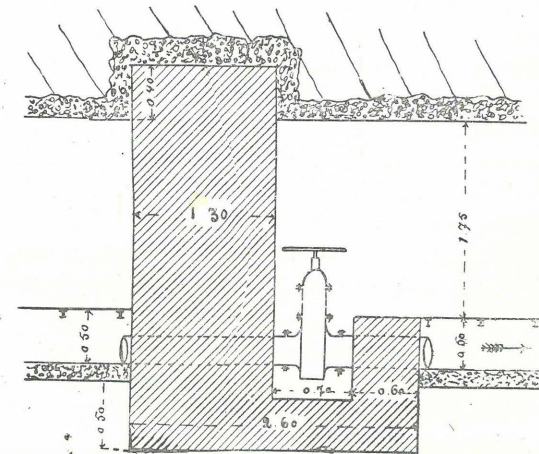


Fig. 4 — Coupe longitudinale.

5 à 38 mètres, pourvus de regards et de passerelles de visite, de barrages fixes ou mobiles, de décharges et des appareils de jauge nécessaires. La pente des galeries varie de 0.005 à 0.003. L'existence de chutes dans le Bocq a conduit à intercaler des chutes dans les galeries, de manière à maintenir entre les niveaux

d'eau dans celles-ci et dans la rivière la relation dont il a été parlé plus haut.

Ces chutes sont des escaliers formés de marches en pierre de taille de 0^m.40 de hauteur, avec passage latéral situé au-dessus des eaux pour la circulation des fontainiers. On en compte cinq sur les travaux de captage, dont une de 4^m.40 de hauteur dans le souterrain de Reuleau. Ces chutes permettent aux eaux de s'aérer et sont ainsi des plus utiles.

Contrairement à l'opinion émise par un grand nombre de géologues, ces travaux de captage ont été exécutés avec plein succès, sans changement aux prévisions, d'après un plan d'ensemble combiné d'avance comme si l'on avait eu à faire à des terrains homogènes, semblables aux sables du Brabant.

Pas une source n'a échappé à l'influence des aqueducs de captage; cette influence se faisait parfois sentir à plus de 100 mètres de distance. Comme la Compagnie avait acheté toutes les sources de la vallée, les travaux n'ont fait de dommage à personne, ils n'ont recueilli que les eaux acquises et payées.

En se promenant dans les aqueducs, on constate que les eaux viennent, non pas de la rivière, mais bien des plateaux filtrants situés sur la rive gauche du Bocq, à une altitude moyenne de 70 mètres au-dessus de la vallée où les sources émergeaient avant l'exécution des travaux.

On voit les sources, toutes d'une pureté extraordinaire, entrer dans les aqueducs de captage du côté des plateaux, par les trous ménagés dans les blocs en béton formant la base des piédroits.

Les ouvrages ont été établis avec le plus grand soin, sous la direction immédiate de notre excellent et dévoué collaborateur M. Joseph Chenu, chef de section à la Compagnie intercommunale.

On peut les visiter sans difficulté, grâce aux passerelles établies dans les galeries et aux regards de visite espacés de 500 mètres environ. Ces regards sont établis sur des puits revêtus de maçonnerie et pourvus d'échelons en fer forgé.

Toutefois, à Spontin, où la galerie de captage passe à des profondeurs de plus de vingt mètres, l'un des puits prévus a été remplacé par une galerie légèrement inclinée, plus facile à descendre qu'un puits vertical.

La sortie des galeries de captage se fait par un escalier tournant en fonte, de 9 mètres de hauteur verticale, placé dans un puits, dit puits de jonction, situé à l'intersection de deux galeries de captage et au point de départ de l'aqueduc étanche ou d'amenée des eaux.

Les installations permettent de mettre hors de service une partie des galeries captantes, par exemple pour faire des nettoyages ou des réparations, tout en continuant l'alimentation de l'aqueduc d'amenée par les autres ouvrages de captation.

Ainsi, comme le montre la section ci-dessous (fig. 5), si l'on veut empêcher les eaux de la grande galerie de s'écouler vers l'aqueduc d'adduction, on ouvre la vanne V, on enlève la fermeture qui couvre le puisard ABCD et l'eau se précipite dans la décharge VK, vers le Bocq. Pendant ce temps, la vanne v, qui commande la décharge de la petite galerie, restant fermée, l'eau de cette galerie continue à s'écouler vers le bassin central et de là vers Bruxelles. Inversement on peut ouvrir la petite vanne v et la grande V, laisser venir ainsi les eaux de la petite galerie dans le puisard ABCD et, de là, les écouler vers le Bocq, par la conduite VK, et, en ce cas, il suffit de couvrir le puisard de sa fermeture amovible, pour que l'eau de la grande galerie s'en aille vers le bassin central et vers Bruxelles.

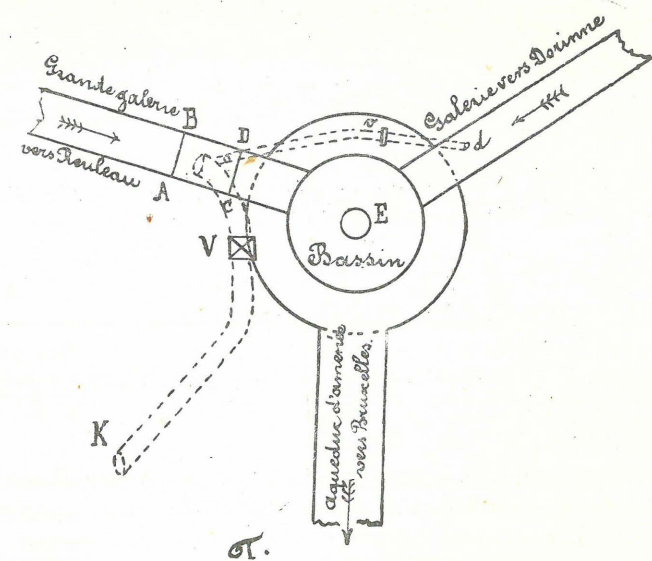


Fig. 5. — A B C D, puisard avec fermeture en fer amovible placée au niveau du radier de la grande galerie. — VK, décharge vers le Bocq. — V, vanne commandant cette décharge. — v, vanne commandant la décharge d v D de la galerie vers Dorinne. — E, noyau de l'escalier en fonte donnant accès aux galeries.

L'arrivée de l'eau dans la conduite d'amenée ne sera donc jamais complètement interrompue.

La quantité d'eau recueillie est sensiblement égale à celle que donnaient les jaugeages faits avant le commencement des travaux, soit en moyenne 50,000 mètres cubes par jour, y compris la source de la Brugelette, captée à l'aval de Spontin.

Une chambre de jauge comprenant essentiellement un déversoir en mince paroi avec admission d'air sous la nappe déversante, une vanne de vidange et de trop plein et un appareil enregistreur des hauteurs d'eau sur le déversoir de jauge, permet de s'en assurer.

Les 5,000 mètres cubes manquants pour fournir les 55,000 mètres cubes dont l'adduction était décidée, ont été captés en route, et notamment dans le bassin du Crupet, affluent du Bocq, où l'on a établi des aqueducs de 0^m.50 × 0^m.50 à proximité des points d'émergence des sources acquises à la commune de Durnal et à une profondeur variant de 5 à 8 mètres.

Une conduite en fonte, de 0^m.20 de diamètre et de 4,000 mètres de longueur, porte les eaux de Durnal dans le grand aqueduc d'amenée, en siphonnant sous le Bocq, à Bauche.

§ 4. — CONDUITE D'AMENÉE.

Tracé et profil. — *Dimensions des aqueducs et des tuyaux.* — La carte ci-jointe, planche LXI, indique le tracé de la conduite d'amenée des sources du Bocq et de ses extensions dans le bassin du Hoyoux et de l'Orneau.

La conduite part de Spontin, à la cote 177,50 du nivellement général du Royaume et arrive au réservoir de tête, situé dans la forêt de Soignes, près de l'hippodrome de Boitsfort, à la cote 117,50, après un parcours de plus de 81 kilomètres. La charge totale de 60 mètres se répartit sur 64,440 mètres d'aqueduc en maçonnerie, dont 50,950 en tunnel et sur 17,470 mètres de conduite forcée.

Celle-ci est formée de tuyaux en fonte, à cordon et emboîtement, avec joint au plomb; toutefois, l'on a construit en acier les conduites établies sous la Meuse, sous la Sambre, sous trois voies de chemin de fer où la pression est considérable et sur le pont-siphon à tablier métallique de l'Orneau.

La charge (J) kilométrique des siphons va de 0^m.80 à 8^m.50; leur diamètre (D), qui varie en proportion, a été calculé par la formule de

$$\text{Flamant } D.J = 0.00092 \sqrt[4]{\frac{U^7}{D}}, \text{ mais les résultats donnés par cette}$$

formule, où U est la vitesse de l'eau, ont été majorés de manière à obtenir pour les tuyaux les diamètres courants de la pratique et un nombre de types aussi restreint que possible.

En fait, les siphons peuvent débiter plus que le volume d'eau voulu.

Celui-ci est de 55,000 mètres cubes par jour pour les siphons à une seule file de tuyaux, qui sont situés entre Mazy et Boitsfort.

Entre Spontin et Mazy, partie montagneuse, où les réparations sont difficiles et où les pressions dépassent parfois 9 atmosphères, les siphons sont à deux files de tuyaux et chacune de celles-ci peut débiter environ 24,000 mètres cubes par jour, soit pour les deux 48,000 mètres cubes en vingt-quatre heures.

Les siphons entre Mazy et Bruxelles seront doublés dès que le besoin s'en fera sentir et que les ressources de la Compagnie intercommunale le permettront. En attendant, on assurera l'alimentation des communes-faubourgs de Bruxelles par les réservoirs, durant les réparations aux siphons à conduite simple.

Le tableau ci-après renseigne les diamètres adoptés et les charges correspondantes, le tout en mètres.

| DÉSIGNATION DES SIPHONS. | Siphons à | | Diamètre de chaque file de tuyaux. | Charge par kilomètre. | Longueur de chaque siphon. | OBSERVATIONS. |
|----------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 1 file de tuyaux | 2 files de tuyaux | | | | |
| Siphon de Dorinne . . | » | 2 | 0.70 | 0.80 | 180 ^m | |
| — Bauche | » | 2 | 0.60 | 2.04 | 560 | |
| — d'Yvoir | » | 2 | 0.70 | 0.84 | 650 | La partie immergée du siphon de Meuse se compose de 3 tubes en acier laminé et rivé de 0 ^m .75 de diamètre. |
| — de la Meuse . . . | » | 2 | 0.70 | 0.816 | 1,960 | |
| — Piroy | » | 2 | 0.70 | 1.02 | 290 | |
| — du Babin | » | 2 | 0.70 | 0.90 | 560 | La partie immergée du siphon de Sambre se compose de 3 tubes en acier laminé et rivé de 0 ^m .75 de diamètre. |
| — de la Sambre . . | » | 2 | 0.60 | 1.90 | 1,900 | |
| — Floriloux | » | 2 | 0.60 | 2.71 | 945 | |
| — de Mazy ou de l'Orneau | » | 2 | 0.50 | 6.50 | 2,087 | Développement des siphons à 2 files de tuyaux : 2 × 8,912 = 17,824 mètres. |
| — de Tongrinne . . | 1 | » | 0.65 | 4.00 | 572 | |
| — Sombreffe | 1 | » | 0.65 | 4.00 | 480 | |
| — Marbais | 1 | » | 0.60 | 5.71 | 508 | |
| — la Thyle | 1 | » | 0.65 | 5.80 | 590 | Un diamètre de 0 ^m .55 aurait suffi, on ne l'a pas placé pour éviter la multiplicité des types de tuyaux. |
| — du Ry d'Hez . . . | 1 | » | 0.60 | 8.50 | 565 | |
| — de la Dyle | 1 | » | 0.70 | 2.50 | 2,200 | |
| — Cala | 1 | » | 0.75 | 1.85 | 990 | |
| — Lasnes | 1 | » | 0.90 | 0.80 | 915 | |
| — de Waterloo . . . | 1 | » | 0.90 | 0.80 | 1,140 | |
| — la G ^{de} Espinette . | 1 | » | 0.90 | 0.80 | 640 | |
| — de la Forêt . . . | 1 | » | 0.90 | 0.80 | 560 | |

Longueur totale des siphons : 17,470^m

Développement des tuyaux : 17,824 + 8,558 = 26,382 mètres.

Les aqueducs ont une pente variant de $0^m.15$ à $0^m.25$ par kilomètre. Dans les conditions où la conduite d'amenée est établie, l'eau captée parcourra la distance de Spontin à Bruxelles en vingt-quatre heures.

Les figures ci-dessous nos 6 et 7 représentent les deux types d'aqueducs adoptés: le type 1, appliqué de Spontin à Mazy, peut débiter 80 mille mètres cubes par jour, le type 2, construit entre Mazy et Bruxelles permet d'amener 110,000 mètres cubes par vingt-quatre heures.

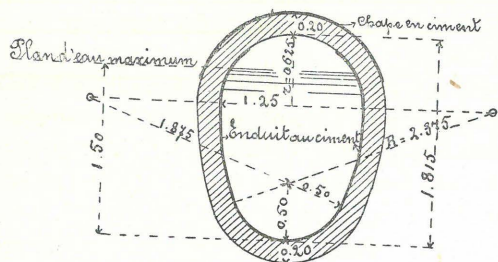


Fig. 6. — Aqueduc d'amenée, type 1.

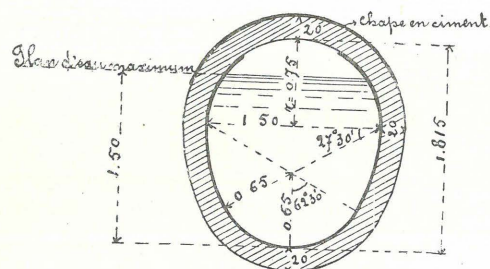


Fig. 7. — Aqueduc d'amenée, type 2

relief, partie sur des arcades de fondation qui s'élèvent à plusieurs mètres au-dessus du terrain naturel; les maçonneries des parties en relief et sur arcades sont renforcées et entièrement recouvertes de terre. En somme, l'aqueduc est partout protégé contre la gelée, l'action du soleil, les pluies et la malveillance; il se trouve donc dans les conditions les meilleures de conservation.

On remarquera la faible épaisseur ($0^m.20$) des parois des aqueducs types nos 1 et 2.

Cette épaisseur est un minimum applicable aux aqueducs établis en tranchée ou en tunnel dans les bons terrains, capables de recevoir, sans déformation, la poussée de l'eau contenue dans l'aqueduc et celle que les terres exercent sur la maçonnerie.

Dans les mauvais terrains, le cahier des charges prescrivait le renforcement des maçonneries autant que de besoin. Ces renforcements étaient compris dans le forfait de l'entreprise, qui était absolu dans

toute sa rigueur. L'entrepreneur les a exécutés généralement pendant les deux premières années de la durée des travaux, mais plus tard, lorsqu'on dut traverser les sables bouillants et l'argile fluente, et ce fut le cas notamment entre Marbais et Sombreffe, les frais d'exécution devenant énormes — ainsi qu'on pourra en juger au chapitre relatif aux procédés d'exécution — l'entrepreneur refusa de renforcer l'ouvrage et même de faire, en maçonnerie, le remplissage des vides compris entre la fouille et la paroi normale de l'aqueduc, remplissage qui était prescrit par le cahier des charges, partout, même en bon terrain, et que l'on avait généralement exécuté jusqu'alors.

L'entrepreneur, vu la nature fort mauvaise du sol, se croyait en droit d'obtenir un supplément de prix, et la Compagnie ne voulut rien lui accorder, attendu que le forfait de l'entreprise était absolu; de là un conflit qui est aujourd'hui pendant devant les tribunaux.

N'ayant pu obtenir le renforcement nécessaire et prévu par le cahier des charges, au cours de l'exécution des travaux, et voyant l'aqueduc se crevasser et se déformer sous les poussées extérieures, nous proposâmes, en novembre 1897 et en août 1898, de renforcer l'aqueduc par l'intérieur, en appliquant sur la maçonnerie exécutée un rouleau de briques de Boom au mortier riche de ciment. Ce travail avait un double but: 1° consolider l'ouvrage; 2° empêcher l'entrée des sables des argiles ou des eaux troubles dans l'aqueduc, par les joints du radier notamment, que l'on n'avait pu cimenter à cause des venues d'eau.

Le bief considéré, compris entre Marbais et Sombreffe, ayant un surcroît de pente ($0^m.25$ au lieu de $0^m.15$ par kilomètre) aurait pu, malgré la réduction de section que devait entraîner le renforcement par l'intérieur de l'aqueduc, débiter à peu près autant que l'aqueduc normal (105,000 au lieu de 110,000 m^3 par jour.)

Mais les mouvements des maçonneries observés au décentrement et quelques jours après ayant cessé, la Compagnie ne crut pas devoir donner suite à notre proposition, la responsabilité de l'entrepreneur étant engagée et devant rester entière.

Jusqu'à présent, l'aqueduc d'amenée s'est assez bien comporté. Dans les parties déformées signalées ci-dessus, l'équilibre paraît s'être établi; mais l'entrée des sables et des argiles dans l'aqueduc n'est malheureusement pas empêchée. Il est à craindre que par la suite on ne doive faire là des travaux beaucoup plus importants que ceux que nous avions préconisés et qui, bien exécutés au début, auraient suffi.

Des regards de visite, distants de 500 mètres en moyenne, des regards à bateau placés au milieu des biefs de plus de 4 kilomètres de longueur et des ouvrages dits « têtes de siphon », permettent, au

besoin, de pénétrer dans l'aqueduc, de le parcourir en barquette, et d'y faire les réparations et les nettoyages qui pourraient être nécessaires; évidemment, ces manœuvres ne doivent être faites qu'en cas d'absolue nécessité; elles seront extrêmement rares, comme il convient pour conserver à l'eau toute sa pureté.

L'aéragé est amplement assuré par les portes en fer des regards de visite et des têtes des siphons.

Celles-ci sont disposées comme l'indique la coupe horizontale ci-dessous, figure 8.

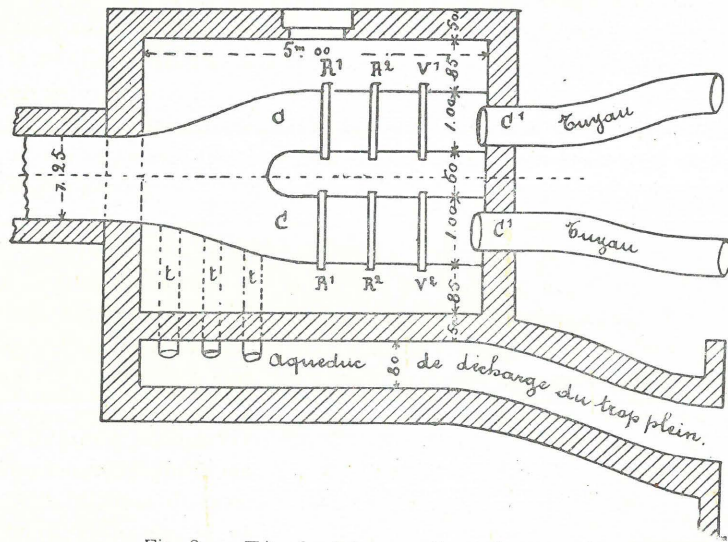


Fig. 8. — Tête de siphon. — Coupe horizontale.

Elles se composent essentiellement d'une chambre rectangulaire en maçonnerie, raccordant l'aqueduc libre aux conduites forcées. Sur la section de Spontin à Mazy, l'aqueduc se divise, dans la tête de siphon, en deux canaux rectangulaires, aboutissant aux tuyaux du siphon. Sur la section de Mazy à Boitsfort, l'aqueduc se divise en trois canaux aboutissant à trois files de tuyaux.

Des vannes plates, V¹, V², à crémaillère, permettent d'établir ou d'interrompre à volonté la communication entre chaque file de tuyaux et l'aqueduc.

En cas de fermeture des vannes, l'eau doit pouvoir s'écouler sans mettre l'aqueduc en pression. A cet effet, chaque tête amont de siphon est pourvue d'un déversoir de trop-plein, qui communique par trois tuyaux, t, avec un aqueduc de décharge. Comme les vannes à crémail-

lère ne sont pas absolument étanches et qu'elles pourraient momentanément être mises hors de service, il a été établi des rainures, R₁, R₂ dans les bajoyers pour recevoir des poutrelles en bois; entre deux rangées de poutrelles, on peut pilonner de l'argile de façon à constituer un barrage étanche. Il est extrêmement rare qu'on doive établir ces barrages; néanmoins, lorsqu'un robinet-vanne de 0^m.50 de diamètre au maximum peut suffire, il est préférable de recourir à cet appareil qu'à l'artifice du barrage à poutrelles.

Les têtes de siphon sont de construction simple, économique, sauf celle de l'extrémité, placée à côté du réservoir de Boitsfort, près du Bois de la Cambre, que l'on a construite avec un certain luxe, à cause de son emplacement près de la capitale, dans une partie de la forêt de Soignes fort fréquentée.

En chaque point bas des siphons, est établi un regard de vidange dont la figure ci-dessous (n° 9) donne la coupe transversale: cet

ouvrage se compose d'une voûte en maçonnerie, de 2^m.50 d'ouverture, de 1^m.90 de hauteur sous clef, et de 5^m.40 ou de 8^m.40 de longueur selon qu'il est destiné à recevoir 2 ou 3 files de tuyaux. Ceux-ci traversent la voûte et sont assemblés par un manchon à tubulure de 0^m.20 ou de 0^m.30, selon le diamètre du siphon sur lequel s'applique la vanne de vidange. En prolongement

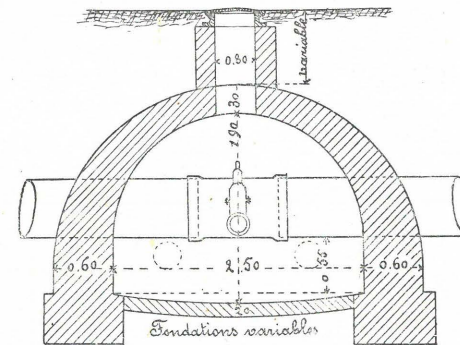


Fig. 9. — Regard de vidange.
Fondations variables.

de cette vanne se trouve un aqueduc suivi d'un fossé qui jette les eaux au ruisseau le plus proche.

Chaque regard de vidange est pourvu de 2 cheminées avec trapillon en fonte, et d'échelons en fer pour la visite et les manœuvres.

Aux points hauts des siphons, sont placés des robinets servant de ventouses; ces robinets, d'environ 0^m.04 de diamètre, sont montés sur des tubulures où l'air s'accumule facilement; il suffit de les ouvrir une fois tous les deux ou trois jours pour assurer l'échappement de l'air entraîné par l'eau.

Quand il s'agit de remplir le siphon, de le mettre en charge, on laisse ce robinet ouvert jusqu'à ce que le remplissage soit complet.

Assurer l'échappement de l'air des siphons est le plus sûr moyen d'éviter les coups de bélier et les ruptures de tuyaux.

Dans le même but, on doit remplir lentement les siphons et les vider sans précipitation.

La vidange doit toujours être possible et, conséquemment, la tubulure de vidange doit se trouver au-dessus, ou tout au moins au niveau des hautes eaux ordinaires.

Les regards de vidange se trouvent naturellement à proximité des cours d'eau, à une distance telle que l'on puisse convenablement raccorder le tuyau horizontal placé dans le regard de vidange avec le tuyau établi sur le pont au droit du cours d'eau.

Nous avons, en effet, prévu partout des ponts siphons pour la traversée des cours d'eau, sauf en ce qui concerne la Meuse et la Sambre. Des arcades sont accolées au pont pour éviter la création d'un second point bas dans le siphon; on réalise, en somme, la disposition représentée ci-dessous (fig. 10).

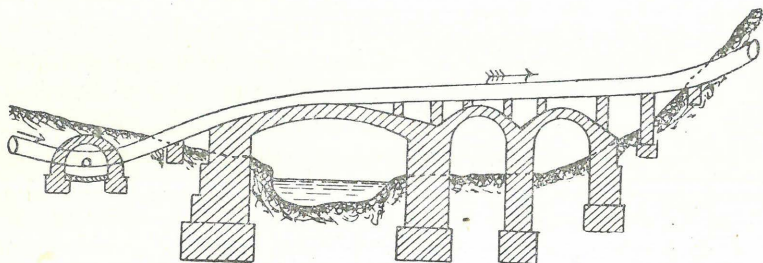


Fig. 10. — Transversées des cours d'eau.

De solides ancrages empêchent le soulèvement des tuyaux au coude vertical, convexe vers le haut, à l'entrée du pont.

Quant aux coudes horizontaux, ils sont contrebutés par des massifs de maçonnerie qui empêchent le déboîtement des tuyaux.

Les travaux sinon les plus importants, tout au moins les plus intéressants de la conduite d'aménée des sources du Bocq, sont, sans contredit, ceux que l'on a dû exécuter pour traverser la Meuse et la Sambre.

Traversées de la Meuse et de la Sambre. — Nous avons prévu le passage sous le lit de ces deux rivières importantes, au moyen de siphons en fonte posés dans un tunnel en béton de 5^m.70 de largeur et de 2^m.20 de hauteur à la clef. Ces dimensions étaient suffisantes pour permettre d'installer aisément deux files de tuyaux capables de débiter

chacune 35,000 mètres cubes par jour et de placer entre elles une voie de chemin de fer Decauville, pour le transport des tuyaux. Les réparations et la visite des siphons étaient, dans ces conditions, des plus faciles.

En supposant même que la galerie en béton ne fût pas étanche, ce que nous avons admis, on pouvait la vider complètement en 4 heures, à l'aide d'un éjecteur Kœrting prenant la force motrice à la colonne d'aménée des eaux; on disposait, à cet effet, d'une pression de 9 atmosphères et d'un débit de 405 litres par seconde.

Des pavillons établis sur les rives et munis des escaliers et des appareils de levage nécessaires, complétaient l'installation. C'était, à coup sûr, le meilleur projet, la solution définitive du problème posé. Mais il nécessitait le creusement en plein rocher, plus ou moins crevassé, d'un tunnel sous le lit d'un fleuve large de 150 mètres; il aurait fallu, pour mener à bien ce travail, des appareils d'épuisement de première force et un matériel de forage spécial assez coûteux, dont ne disposait pas l'entreprise.

En creusant l'un des puits d'accès au tunnel à établir, l'on eut le malheur de tomber sur une crevasse donnant beaucoup d'eau et l'entreprise se découragea.

Nous fîmes remarquer qu'il suffirait d'épuiser les eaux surgissant dans une fouille d'environ 10 mètres de long et de 20 mètres carrés de section normale, attendu que l'on pouvait construire le tunnel par tronçons de cette longueur, que l'on bétonnerait successivement à mesure de l'avancement de la fouille.

L'entreprise fit la sourde oreille et proposa de remplacer les deux files de tuyaux en fonte et le tunnel par deux files de tuyaux en acier laminé et rivé, simplement échoués dans une cunette draguée au travers de la rivière.

Plutôt que d'exposer la Compagnie à des difficultés, à l'interruption des travaux et à leur achèvement tardif, nous proposâmes d'accepter l'offre de l'entreprise, sous diverses conditions et notamment celles-ci :

- 1° bonifier à la Compagnie une somme de 40,000 francs ;
- 2° placer trois tubes en acier de 0^m.75 de diamètre, espacés de 1^m.25, au lieu de deux tubes de 0^m.70 espacés de 1 mètre, proposés.
- 3° établir les trois tubes sur un radier en béton de 0^m.30 d'épaisseur au moins et les recouvrir ensuite d'une couche de béton s'élevant jusqu'à 0^m.40 au-dessus de leur génératrice supérieure ;
- 4° faire les tubes assez longs pour qu'ils ne présentassent aucun joint sous l'eau et les échouer d'une pièce ;

5° les éprouver à la résistance et à l'étanchéité à 15 atmosphères avant l'échouage (la pression en service est de 9 atmosphères);

6° maintenir les pavillons de rive, les vannes et les appareils de levage et de vidange Kœrting d'abord prévus.

Ces conditions furent acceptées par la Compagnie et par l'entreprise et la Société Baume-Marpent, entrepreneur de toute la partie métallique de la conduite d'amenée, se mit à l'œuvre.

La planche LXII donne les dispositions d'ensemble des tubes en acier, des pavillons et accessoires.

SIPHON SOUS LA MEUSE. — DESCRIPTION ET MODE D'ÉCHOUAGE.

Construction. — Le siphon sous la Meuse se compose de trois files de tuyaux en acier laminé de 0^m.750 de diamètre intérieur. (Voir planche LXII).

Les deux files latérales ont été raccordées aux deux conduites en fonte normales établies des deux côtés du fleuve; le tuyau central est destiné à remplacer, le cas échéant, un des tuyaux latéraux mis hors de service, soit définitivement, soit temporairement, pendant un nettoyage ou une visite intérieure des conduites.

Chacun des tuyaux est composé de viroles en tôle d'acier, assemblées à double rivure.

Le métal employé est l'acier doux, présentant une résistance à la rupture de 37 à 44 kilogrammes par millimètre carré avec un allongement minima de 24 p. c.

Les tôles ont une épaisseur de 10 millimètres; elles travaillent à 4 kilogrammes par millimètre carré, sous la pression normale de service. Les joints, tant longitudinaux que transversaux, sont à recouvrement, celui-ci est de 100 millimètres. Les rivets ont un diamètre de 19 millimètres et leur écartement (49 millimètres) est celui admis lorsqu'il s'agit d'obtenir en même temps la résistance et l'étanchéité.

Les viroles ont une longueur utile de 4^m.400 et sont formées de tôles ayant une largeur de 4^m.500.

La longueur horizontale totale d'un tuyau est de 134^m.50. Chaque tuyau se compose d'une partie droite (celle qui repose sur le fond du fleuve) de 105^m. 20 de longueur, et de deux parties courbes, en forme de col de cygne, raccordant la partie droite à la tuyauterie générale. Le rayon des courbes et contre-courbes est de 7^m.50.

La différence de niveau entre la partie inférieure de la conduite et les raccords latéraux est de 4^m.50.

Pour faciliter l'échouage, le tuyau n'a pas été construit d'une seule

pièce; les extrémités ont été rapportées par boulons; ces bouts d'extrémités ont les uns 4^m.80, les autres 10 mètres de développements. Il restait ainsi, pour la partie à échouer, une longueur totale de 119^m.70.

Chaque courbe ou contre-courbe des extrémités a été raidie. La courbure inférieure, c'est-à-dire celle dont le centre de la courbe se trouve au-dessus du tuyau, a été raidie par une poutre en acier, formée

d'une âme de 8 millimètres et de 4 cornières de $\frac{70 \times 70}{10}$; il y a pour

les trois tubes 6 poutres semblables. Celles-ci ne sont pas rivées sur les tuyaux, elles y sont fixées par des brides en fer munies de forts boulons de serrage.

La courbure supérieure du tuyau est raidie par des tirants ancrés dans de forts massifs en béton; ces tirants en forme de boulons, d'un diamètre de 35 millimètres, sont réunis dans le fond du massif par des poutrelles formant ancrage puissant.

Les trois parties de chacun des tuyaux sont réunies entre elles par des joints à collets; ceux-ci sont en acier et rivés sur le tuyau, la face en a été tournée pour assurer un joint parfait. Le serrage du joint se fait par 40 boulons de 22 millimètres. Le joint est formé par une rondelle de plomb d'une section initiale de 80 millimètres × 12. Le plomb a été laissé saillant à l'intérieur du tuyau puis rematé après l'achèvement du travail. Ce matage assure complètement l'étanchéité; c'est ce même système de joint qui a été adopté pour les assemblages des pièces spéciales des chambres de vannes, dont il sera question plus loin.

Les trois files de tuyaux sont réunies entre elles par des entretoises qui les maintiennent à une distance fixe de 4^m.250 d'axe en axe; la largeur totale des trois tuyaux réunis est de 5^m.250.

Les entretoises sont espacées de 2^m.80; elles sont formées d'une âme de 10 millimètres en acier, boulonnée à des cornières rivées sur les tubes. Des écharpes en fer de 80 × 25 millimètres entourant les tubes, assurent leur liaison et réduisent les efforts dans la rivure des entretoises pendant la mise en place.

Chacun des tubes fut construit aux ateliers, en tronçons de 10 à 12 mètres, et essayé à la pression hydraulique de 15 atmosphères.

L'assemblage général fut fait sur la rive droite de la Meuse, parallèlement à celle-ci et en amont de l'emplacement de pose. Chaque tube complet a subi, avant l'échouage, un nouvel essai à la pression de 15 atmosphères; on a ainsi constaté que les assemblages étaient

bons; un certain nombre de rivets durent être rematés, mais on arriva assez facilement à obtenir l'étanchéité parfaite.

Lançage. — Les trois tubes étant construits séparément, on procéda à leur assemblage sur un chantier préparé tout près du fleuve. Les tubes étaient posés sur de fortes poutres en bois de 0^m.280 × 0^m.280, écartées de 6 mètres environ, mais doublées aux extrémités, pour tenir compte de la surcharge due aux parties en col de cygne. Les poutres posées sur le sol nivelé étaient assez longues pour dépasser la crête de la rive et surplomber le fleuve de 4 mètres; cette partie des poutres était en porte-à-faux. (Voir planche LXII).

L'emplacement du chantier avait été choisi en tenant compte du peu de hauteur du sol par rapport au niveau des eaux, cette circonstance devant faciliter de beaucoup la mise à flot.

Les poutres avaient été posées horizontalement.

L'assemblage des tuyaux entre eux une fois terminé, on déblaya le terrain de façon à créer une pente vers la rivière et permettre l'abaissement des poutres dans l'eau.

Des barres de fer plat de 180 millimètres de largeur, enduites de savon sur leur face supérieure pour faciliter le glissement, avaient été interposées entre les tuyaux et les poutres en bois. Celles-ci étaient disposées de manière qu'il n'y eût pas à craindre de frottement entre les appuis et les têtes de rivets.

Le terrain étant déblayé en pente douce vers le fleuve, on fit glisser les tuyaux sur les poutres d'appui, en les poussant au moyen de crics; 12 de ces engins suffirent à provoquer ce mouvement.

Le poids total de la construction métallique à lancer étant de 100 tonnes et les tubes posant sur chaque poutre par trois points d'appui, la pression était d'environ 1,700 kilogrammes par point de contact. Les tubes étant avancés de 2 mètres, les poutres s'inclinèrent lentement vers le fleuve et le glissement devint plus aisé.

Pour prévenir un glissement trop rapide et irrégulier, dix treuils ancrés au sol avaient été placés en retenue; les câbles mouflés étaient filés lentement au fur et à mesure que le glissement des tubes était provoqué par la poussée des crics.

Après quelques heures, le premier tube touchait l'eau, dont le niveau avait été tenu assez haut pour faciliter l'opération; il s'enfonça d'abord aux trois quarts de son diamètre, allégeant considérablement la charge sur les poutres; à partir de ce moment, les 3 tubes réunis purent être poussés à la main.

L'opération de mise à l'eau avait demandé tout au plus 6 heures de travail.

Le poids par mètre courant de la construction, y compris les entretoises, était de 825 kilogrammes; les tubes avaient un déplacement total de 1,400 kilogrammes par mètre courant; ils ne s'enfonçaient donc que partiellement.

En réalité, l'enfoncement n'était pas régulier, à cause du surcroît de charge aux extrémités: il était de 0^m.750 vers les bouts et de 0^m.540 à la partie centrale.

La courbe formée par les tubes avait une flèche de 0^m.410, sur une longueur de 105 mètres. Des ordonnées furent prises, à des distances de 2^m.800, elles correspondaient aux divers points d'une courbe régulière en arc de cercle d'un rayon donné par la formule:

$$R = \frac{c^2 + f^2}{2f} = \frac{52.50^2 + 0.41^2}{2 \times 0.41} = 3\,361^m\,50.$$

Le calcul ci-après démontre que l'effort développé dans le métal par la formation de cette courbe atteignait au maximum 3^{kg}.460 par millimètre carré.

L'allongement du métal produit par la courbure est indiqué par le calcul suivant:

$$\text{Rayon de courbure} : 3,361^m.50.$$

$$\text{Circonférence moyenne} : 21,116 \text{ mètres.}$$

Différence entre les circonférences extérieure et intérieure d'un tube de 0^m.77 de diamètre formant un cercle complet de 21,116 mètres de développement moyen:

$$\pi \times 2 \times 0.77 = 4^m.850.$$

$$\text{Allongement du métal} = \frac{4,850}{21,116 \times 2} = 0^m.000114 \text{ par mètre. (On}$$

suppose la contraction de la circonférence intérieure égale à l'extension de la circonférence extérieure.)

L'allongement de la fibre supérieure du tube était, pour 105 mètres de longueur:

$$105 \times 0.000114 = 11^m/m.97.$$

En prenant pour coefficient d'élasticité $E = 18,000$ (acier assemblé), on en déduit la valeur de l'effort cherché:

$$r = 18,000 \times 0.000114 = 2^{\text{kg}}.052, \text{ pour la section brute.}$$

La valeur de r augmente dans la partie affaiblie par la rivure. L'écar-

tement d'axe en axe des rivets étant de 49^{m/m}.7 et les trous ayant 20 millimètres, le métal restant entre deux trous voisins est de 29^{m/m}.7.

L'effort r est donc augmenté dans la proportion de $\frac{497}{297}$ et devient $\frac{497}{297} \times 2,052 = 3^k.44$ par millimètre carré.

Les rivets ayant 19 millimètres de diamètre ou 283 millimètres carrés de section et travaillant par double section de cisaillement, avaient à supporter un effort de : $\frac{497}{566} \times 2,052 = 1^k.80$.

Échouage. — Les tubes ayant été mis à flot, il s'agissait de les conduire à leur emplacement définitif et là de les échouer.

Six bateaux, dont quatre de 60 tonnes et deux de 160 tonnes, de dimensions appropriées aux besoins de l'échouage, furent placés aux côtés des tubes et jumelés deux à deux, au moyen des poutres qui avaient servi au lancement.

Les deux bateaux de 160 tonnes furent placés au milieu du fleuve, les quatre autres aux extrémités.

L'écartement des bateaux était maintenu de façon invariable par les poutres reposant transversalement sur leurs plats-bords. Sur ces poutres étaient placées des treuils, sur lesquels s'enroulaient des câbles mouflés destinés à régler la descente des tuyaux après lestage.

Chaque couple de bateaux portait quatre treuils, disposés deux à deux et placés à l'aplomb des tubes extérieurs, à des distances entre eux de 15 mètres pour les petits bateaux et de 24 mètres pour les grands.

Les tubes étaient donc soutenus en six points dans leur partie droite, sur la distance de 105 mètres.

Sur les rives se trouvaient en outre deux forts mâts amarrés et entretoisés au pied dans le lit du fleuve, pour prévenir tout déplacement; ces mâts étaient destinés à soutenir les parties relevées des tubes et à empêcher le renversement pendant l'échouage; de forts treuils avec câbles en acier et palans servaient à cet effet.

Les bateaux étant armés, l'on mit en mouvement les treuils qu'ils portaient, et les tubes furent redressés par le soulèvement des parties extrêmes; l'effort exigé pour ce redressement fut relativement faible. La partie centrale s'enfonça de quelques centimètres et les tubes, bien soutenus, devinrent parfaitement droits.

Il fallait conduire l'ensemble à l'endroit où il devait être échoué.

A l'emplacement choisi, la Meuse a une largeur de 116^m.50, mesurée de crête en crête des berges.

Les tubes devaient être descendus à 4^m.50 sous la flottaison et être en pente de 0^m.003 vers la rive droite, où est établi le pavillon de vidange.

Une cunette de profondeur variable, à cause des irrégularités du lit de la Meuse, fut creusée au dragueur à l'emplacement du siphon.

Comme cela avait été prévu, le rocher fut rencontré à plusieurs endroits, et l'on dut faire usage de la dynamite. Des charges de deux à cinq kilogrammes de cet explosif étaient simplement posées sur le rocher à enlever et l'on produisait la déflagration par l'électricité.

Cette opération rapidement faite, l'on acheva les déblais à la drague, de manière à obtenir une fouille régulière d'une largeur minima de 4 mètres; les talus étaient assez droits et, malgré cela, les éboulements furent rares. La cunette fut entretenue jusqu'au moment de l'échouage, par l'enlèvement des dépôts que charriait le fleuve.

On coula sur le fond un lit de béton de 0^m.500 d'épaisseur; cette couche était formée de prismes coulés les uns à côté des autres, au moyen de deux larges trémies posées aux deux côtés d'un bateau; ces trémies, que l'on pouvait faire mouvoir en hauteur, étaient posées sur le fond de la cunette et le béton descendait au moyen de sacs à renversement.

Le bateau était maintenu en alignement par deux câbles en acier de 18 millimètres tendus fortement au-dessus du fleuve au moyen de treuils.

Pendant les opérations de dragage et de bétonnage, l'on fit de nombreux nivellements et des visites en scaphandre, pour s'assurer qu'il n'y avait aucun obstacle dans le fond de la cunette et que celle-ci présentait la pente voulue.

Avant de procéder au déplacement des tubes, des treuils avaient été posés sur les rives et sur l'île située en amont de l'emplacement d'échouage. (Voir Pl. LXII).

Sur ces treuils étaient enroulés des câbles de retenue permettant d'amener les tubes et les bateaux en place et de les y maintenir.

Des dispositions avaient été prises par le service spécial de la Meuse pour réduire le courant du fleuve au moment de l'échouage. De cette façon, les câbles de retenue eurent peu d'effort à supporter et la manœuvre d'amener en travers fut aisée; elle put être faite en une heure, y compris le temps nécessaire à l'amarrage des parties relevées des tubes aux palans des mâts posés sur les rives.

Restait à lester et à échouer les tuyaux. La construction métallique

à immerger avait une longueur totale développée de 121 mètres ; un poids de 100 tonnes et un déplacement total de 170 mètres cubes correspondant à 170 tonnes ; il fallait donc lester les tuyaux d'au moins 70 tonnes pour produire l'échouage.

Pour arriver à cette charge, le tuyau central fut d'abord rempli d'eau par les bouts relevés en col de cygne, au moyen de pompes établies sur les rives du fleuve ; ce remplissage dura à peine une heure. La charge d'eau était ainsi de 50 tonnes ; il manquait 20 tonnes pour produire l'enfoncement.

La charge fut portée à 50 tonnes et réalisée au moyen de vieux rails disposés symétriquement et uniformément sur les pièces de bois posées en travers des tuyaux.

Pour charger les parties relevées vers les rives, on jeta dans le tube central des sacs remplis de gravier, jusqu'à ce que l'eau préalablement mise dans ce tube vint à déborder.

Les tuyaux étant suspendus par 16 treuils, la charge à retenir par chacun des treuils était peu importante.

A mesure qu'on remplissait le tube central, les câbles de retenue étaient lâchés lentement et de façon à relever un peu les tuyaux vers une extrémité pour permettre à l'air de s'échapper.

Pendant que l'on complétait le chargement, l'on mit les tuyaux parfaitement de niveau.

Des échelles verticales graduées de 10 en 10 centimètres étaient posées au droit de chacun des treuils, et sur chaque tuyau latéral l'on pouvait suivre l'enfoncement des tuyaux et les descendre, en les conservant parfaitement de niveau.

Le personnel avait été choisi de façon à ce qu'il n'y eût pas à craindre de fausse manœuvre. A chaque treuil se trouvait un ouvrier connaissant parfaitement le maniement de l'engin et le but à atteindre, et un manœuvre intelligent.

L'ensemble des quatre treuils que chaque couple de bateaux portait était commandé par un chef d'équipe. Les treuils des rives étaient commandés de la même manière.

Les cinq chefs d'équipe (deux sur les rives et trois sur les bateaux) recevaient les ordres de l'ingénieur de la société métallurgique qui avait construit les tuyaux et devait les échouer.

Chaque chef d'équipe avait non seulement pour mission de répéter et transmettre les commandements aux préposés aux treuils, mais aussi de s'assurer que les tuyaux descendaient bien régulièrement, que les câbles des treuils placés sous sa direction filaient de quantités égales.

On fit d'abord des descentes par 10 centimètres jusqu'à 3 mètres du fond, puis par 20 centimètres.

Avant d'arriver à 1^m.50 du fond, on donna aux tubes la pente qu'ils devaient avoir après la pose, en les retenant vers la rive gauche pendant qu'on les laissait légèrement descendre vers la rive opposée.

Cette opération terminée, l'échouage fut continué régulièrement par descentes de 20 et 30 centimètres ; les commandements devenaient de plus en plus rapprochés au fur et à mesure que le personnel se familiarisait avec la manœuvre.

Lorsque les tubes arrivèrent sur le fond de la cunette, leurs extrémités furent sous eau, et les tuyaux latéraux se remplirent lentement par les interstices que laissaient les bondes en bois enchâssées dans les plateaux de fermeture des extrémités.

L'opération de descente dura deux heures et les opérations préparatoires prirent six à sept heures.

Il fallait compléter les tubes par la pose des extrémités en col de cygne. Cette opération put être faite sur la rive gauche à la faveur d'une baisse d'eau ; le niveau d'eau arrivait exactement à la partie inférieure des collets d'assemblage ; une journée suffit à la pose des allonges, qui avaient 10 mètres de longueur. Les joints furent serrés à refus et l'on remit à plus tard le matage intérieur des joints en plomb.

Le massif d'ancrage de la rive gauche fut fait immédiatement après la pose des prolongements.

Pour la rive droite, il ne fallait pas espérer une baisse d'eau et l'on dut faire les raccords à l'abri d'un batardeau en fermant les extrémités des tubes échoués.

Les rails ayant servi au lestage des tuyaux furent relevés au moyen d'un cabestan placé sur un chaland ; les rails étaient amarrés par un scaphandrier.

Les tuyaux délestés furent ensuite recouverts de béton ; l'on construisit, à cet effet, un échafaudage porté par un chaland sur lequel des trémies en fer, s'ouvrant par le fond, étaient disposées en balance. Ces trémies étaient chargées de béton au-dessus de l'eau ; elles s'enfonçaient jusqu'aux tuyaux et s'ouvraient automatiquement.

Le béton employé avait la composition suivante :

500 kilos de ciment, 0^ms.600 de sable pour 1 mètre cube de pierraille ou de galets.

Ce bétonnage enveloppant complètement les tuyaux et d'une épaisseur de 40 centimètres au moins, a pour but de protéger le syphon contre les affouillements, contre les coups de fers des bateliers et contre l'emploi de cartouches de dynamite par les braconniers pêcheurs.

Une couche de pierres et de gros gravier complète le remplissage de la cunette, de manière à rendre au lit du fleuve sa forme primitive.

Pavillons des vannes. — La jonction des tubes en acier avec les tuyaux en fonte posés jusqu'aux approches de la Meuse se fait, tant à la rive droite qu'à la rive gauche, dans un pavillon en maçonnerie. (Voir planche LXII.)

Des vannes, placées dans ces pavillons, permettent, en cas de besoin, d'isoler chacun des tubes immergés.

Pour rendre les vannes abordables pendant les crues les plus fortes, le plancher et les appareils de manœuvre ont été placés à un niveau supérieur à celui des plus hautes eaux.

Un éjecteur à eau système Koerting, mù par la pression de l'eau prise sur l'une des conduites en charge, permet de vider en très peu de temps, soit la chambre des vannes, si celle-ci venait à être inondée par suite d'accident, soit l'un quelconque des tubes pour en permettre la visite.

Les tuyaux en fonte des pavillons sont surmontés chacun d'un tuyau vertical dont le couvercle est placé au-dessus du plancher; ce dispositif a un double but :

- 1° Former cloche d'air et éviter les coups de bélier ;
- 2° Permettre, en s'introduisant par le tube vertical, la visite et la vidange de la tuyauterie sous la Meuse, même par les plus hautes eaux.

La vidange de la partie sous la Meuse se fait très aisément; il suffit de fermer les vannes principales isolant la partie sous le fleuve et de mettre en fonction l'appareil éjecteur.

Si l'un des tuyaux en acier venait à être mis hors de service, ce qui est peu probable, la jonction du tuyau central servant de réserve se ferait avec la tuyauterie en fonte par des courbes préparées à cet effet.

Dans chaque pavillon est déposé un petit pont roulant avec appareil de levage, pour faciliter la manœuvre de montage et de démontage des pièces.

Des essais répétés ont démontré que le syphon de la Meuse fonctionne parfaitement et est absolument étanche. Il en est de même du syphon de la Sambre, en tout semblable à celui de la Meuse, mais moins important quant à sa partie immergée, qui ne mesure que 45 mètres.

L'exécution de ces travaux difficiles fait grand honneur à la Société Baume-Marpent et tout particulièrement à son ingénieur, M. Riffart, qui a su les mener à bonne fin.

Pour compléter la description de la conduite d'amenée, il me reste à dire quelques mots des passages en siphon sous les chemins de fer et des précautions prises pour empêcher l'introduction d'eau mauvaise ou douteuse dans l'aqueduc.

PASSAGES SOUS CHEMINS DE FER.

La conduite d'amenée passe en conduite forcée sous cinq lignes de chemins de fer. Les conduites sous les voies sont simplement posées sur tasseaux dans des galeries en maçonnerie, de 3^m.30 d'ouverture sur la section de Spontin à Mazy et de 5^m.40 sur la section de Mazy à Bruxelles. Là où la pression est supérieure à 4 atmosphères, les conduites sont en acier laminé et rivé de 1 centimètre d'épaisseur, sur toute la longueur de la galerie établie sous le railway; ailleurs, les tuyaux sont en fonte avec joints au plomb.

Dans le cas où une rupture surviendrait à l'un de ces tuyaux, l'eau s'écoulerait par un aqueduc en pente convenable, de 0^m.70 × 0^m.90 de section, de façon à empêcher la galerie sous les voies de se mettre en pression.

Le passage sous le chemin de fer du Nord-Belge, à Godinne, se fait au pied d'un versant très incliné; la pente du terrain est telle, qu'en cas de rupture d'un tuyau en amont du chemin de fer l'eau serait naturellement amenée sur la voie, si l'on n'en détournait le cours; mais il a été établi un mur de garde de 160 mètres de long, qui ramène les eaux dans un puisard en communication avec la galerie sous le chemin de fer.

MESURES DE PROTECTION DE LA CONDUITE D'AMENÉE CONTRE L'INFILTRATION DES EAUX SUPERFICIELLES.

Des aqueducs, des tuyaux en fonte ou en béton, passant au-dessus ou au-dessous de la conduite d'amenée, des fossés maçonnés, des tuyaux en grès ou en fonte prolongeant des drains existants, assurent, avec les ponts-siphons, l'écoulement des eaux superficielles; c'est le premier point réalisé.

Malgré les précautions prises à la surface, une certaine quantité d'eau de pluie pénètre dans le sol et venait au contact de l'aqueduc, après avoir traversé une couche de terrain insuffisamment filtrante; parfois aussi, l'aqueduc se trouvait en pleine couche aquifère, dans des terrains à peu de profondeur. Il arrivait alors que l'eau extérieure siphonnait à travers la maçonnerie de l'aqueduc, comme l'indiquent

les flèches à la figure n° 11 ci-dessous : l'eau coulait le long de la chape extérieure de B en C et remontait de C en F, où elle sortait au-dessus de l'enduit intérieur.

Pour empêcher cette introduction d'eau de qualité douteuse dans l'aqueduc d'amenée, on a prolongé l'enduit intérieur sur le segment D. H. F. Ce moyen a réussi généralement; toutefois, dans la traversée du village de Bothey, il a fallu compléter le système de protection par un drainage latéral à l'aqueduc.

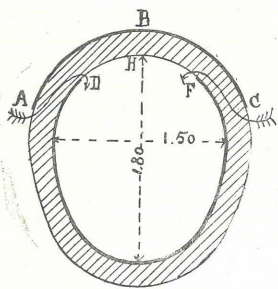


Fig. 11.

L'enduit complet a généralement été réalisé partout où cela était reconnu nécessaire et notamment dans les tunnels, où la chape extérieure ne pouvait pas être exécutée.

Les regards de visite établis dans les terrains imprégnés d'eau, ou recevant des eaux de surface à certains moments de l'année (période de fortes pluies ou de fonte des neiges) ont, en outre, été cimentés jusqu'au-dessus du sol.

En somme, toutes les parties de l'aqueduc qui auraient pu laisser entrer des eaux douteuses ou mauvaises dans la conduite d'amenée, ont été recouvertes avec soin, là où c'était possible, d'un enduit au ciment, comme cela se pratique dans les citernes d'eau potable.

Dans le bief compris entre Sombreffe et Marbais, l'aqueduc a été établi en pleine couche aquifère argilo-sableuse, à la profondeur de 5 à 15 mètres sous la surface du sol. L'eau qui entre là dans l'aqueduc a été analysée et reconnue de bonne qualité, fort heureusement, car l'entrepreneur n'ayant pas fait sous le radier le drainage prescrit par le cahier des charges, il devenait impossible de faire tenir l'enduit sur les parties basses de la maçonnerie et d'empêcher l'introduction de l'eau dans l'aqueduc. Néanmoins, des travaux spéciaux s'imposeront dans cette partie de la conduite d'amenée, ainsi qu'il est indiqué plus avant.

RÉSERVOIRS ET CONDUITE DE DISTRIBUTION.

On sait que les réservoirs ont pour but de régulariser la distribution des eaux et la pression, en temps normal, et d'assurer l'alimentation des habitants en cas d'accident à la conduite d'amenée.

Dans une même localité, la consommation d'eau et par conséquent la pression, varient selon les saisons, les jours de la semaine, les heures de la journée.

Les variations annuelles sont dues aux changements de saison, à la

sécheresse, à la pluie, au froid. La consommation est, en général, beaucoup plus forte en été qu'en hiver : elle varie ordinairement de 15 à 20 p. c. en plus ou en moins de la moyenne annuelle; exceptionnellement, par exemple à l'occasion d'une sécheresse persistante, la consommation peut atteindre, pendant quelques jours ou quelques semaines, 50 à 50 p. c. de plus que la moyenne.

Les variations hebdomadaires dépendent surtout des habitudes de la population; en Belgique, la consommation est plus forte le samedi que les autres jours de la semaine; l'amplitude des variations hebdomadaires est d'environ 15 p. c. en plus ou en moins.

Quant aux variations journalières, elles sont très importantes; entre le minimum et le maximum de la consommation, il y aurait 37 p. c., d'après Fanning, et 100 p. c., d'après Wolfhügel.

Les réservoirs et les conduites de distribution doivent se prêter à toutes ces variations, il faut donc les calculer sur le maximum de la quantité d'eau à distribuer.

Ce maximum s'obtiendra en augmentant la consommation moyenne d'eau (soit a) par seconde, calculée sur une année entière, dans les proportions suivantes :

1° De 50 p. c. du chef des variations annuelles, ce qui donnera, par seconde, une consommation de $1.5 \times a$;

2° De 15 p. c. du chef des variations hebdomadaires, ce qui donne $1.5 \times a \times 1.15$.

3° De 37 p. c. du chef des variations journalières, ce qui donne $1.5 \times a \times 1.15 \times 1.37$ ou, au total, $a \times 2.05$, soit $2a$ environ.

L'ensemble des variations conduit donc à admettre, pour le calcul des dimensions des réservoirs et des conduites de distribution, une consommation double de la moyenne annuelle pendant quelques heures et certains jours.

On admet généralement que la période de grande consommation dure de 7 à 11 heures du matin et de 4 à 6 heures du soir; que de 6 à 7 heures du matin, de 11 heures à 4 heures du soir et de 6 à 10 heures, la consommation est égale à la moyenne annuelle, et qu'enfin, de 10 heures du soir à 6 heures du matin, la consommation est égale au quart de la moyenne.

De sorte que, si l'on représente par V le volume d'eau consommée en 24 heures, pendant les journées de grande consommation, et par a le débit moyen par heure, tel que $24a = V$, on aura :

1° Pour la période de faible consommation, un volume d'eau consommé de $8 \times \frac{a}{4} = 2a = \frac{1}{12} V$;

2° Pour la période moyenne :

$$10 \times a = 10 a = \frac{5}{12} V;$$

3° Pour la période de très grande consommation :

$$6 \times 2 a = 12 a = \frac{1}{2} V.$$

En adoptant ces bases, on peut déterminer la capacité à donner aux réservoirs, pour qu'ils puissent emmagasiner, durant les heures de faible consommation, l'eau nécessaire pour suppléer à l'adduction normale de l'aqueduc d'amenée, durant les heures de forte consommation.

On augmente ensuite cette capacité de la quantité nécessaire pour que le réservoir puisse suffire à l'alimentation des conduites distributrices, pendant la durée des réparations à faire à la conduite d'amenée, en cas d'accident. C'est ainsi que nous sommes arrivé à porter à 40,000 mètres cubes la capacité des réservoirs, l'adduction normale étant de 35,000 mètres cubes et la durée des susdites réparations fixée à 24 heures au maximum.

Il va de soi qu'en cas d'accident grave à la conduite d'amenée, on devra restreindre la consommation au strict nécessaire, c'est-à-dire aux usages domestiques et industriels.

Les installations sont, d'ailleurs, disposées de manière qu'on puisse doubler la capacité des réservoirs quand on voudra. Le schéma de la planche LXIII indique l'ensemble des réservoirs et des conduites principales de distribution.

On remarquera que les réservoirs ne sont pas tous établis à l'extrémité de l'aqueduc d'amenée, c'est-à-dire en tête des conduites principales de distribution ; l'un d'eux est construit en ce point, c'est le réservoir de tête, dit de Boitsfort, d'une capacité de 25,000 mètres cubes, et dont le trop-plein se trouve à la cote 116.70; l'autre est établi à peu près à l'extrémité des conduites destinées à alimenter les communes de Saint-Josse-ten-Noode, de Schaerbeek et de Koekelberg ; celui-ci est situé rue de Linthout ; il a son trop-plein à la cote 97.20 et peut contenir 15,000 mètres cubes d'eau.

Nous avons préconisé l'établissement d'un réservoir de tête et d'un réservoir d'extrémité, afin de mieux assurer l'alimentation des populeuses communes de Saint-Josse-ten-Noode et de Schaerbeek.

La distance entre les deux réservoirs est de 8,100 mètres. Les conduites qui les réunissent sont calculées de manière à débiter chacune la consommation moyenne journalière d'eau, d'après la population actuelle, dans les trois communes précitées. Elles comportent deux files de tuyaux en fonte de 0^m.65 de diamètre sur 3,200 mètres de longueur et deux files de tuyaux de 0^m.35 sur 4,900 mètres de développement.

Pendant les heures de faible consommation, le réservoir de Schaerbeek emmagasine l'eau nécessaire pour suppléer à la venue moyenne durant les heures de la forte consommation, celle-ci étant double de la consommation moyenne.

Sans l'existence du réservoir de Schaerbeek, les 2 × 8,100 = 16,200 mètres de grosses conduites qui vont de l'emplacement de cet ouvrage au réservoir de Boitsfort, auraient dû être établies pour un débit double ; le diamètre de 0^m.65 aurait pu être conservé à la rigueur, moyennant une réduction de la pression ; mais le diamètre de 0^m.35 aurait dû être porté à 0^m.50. Les frais de premier établissement, dans les deux cas, peuvent être évalués comme suit :

Premier cas.

| | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| Conduites de 0 ^m .65. — 2 × 3,200 × 53 fr. = . . fr. | 339,200 » |
| — 0 ^m .35. — 2 × 4,900 × 22 fr. = . . . | 215,600 » |
| Réservoir de 15,000 mètres cubes | 170,000 » |
| Total . . . fr. | 724,800 » |

Deuxième cas.

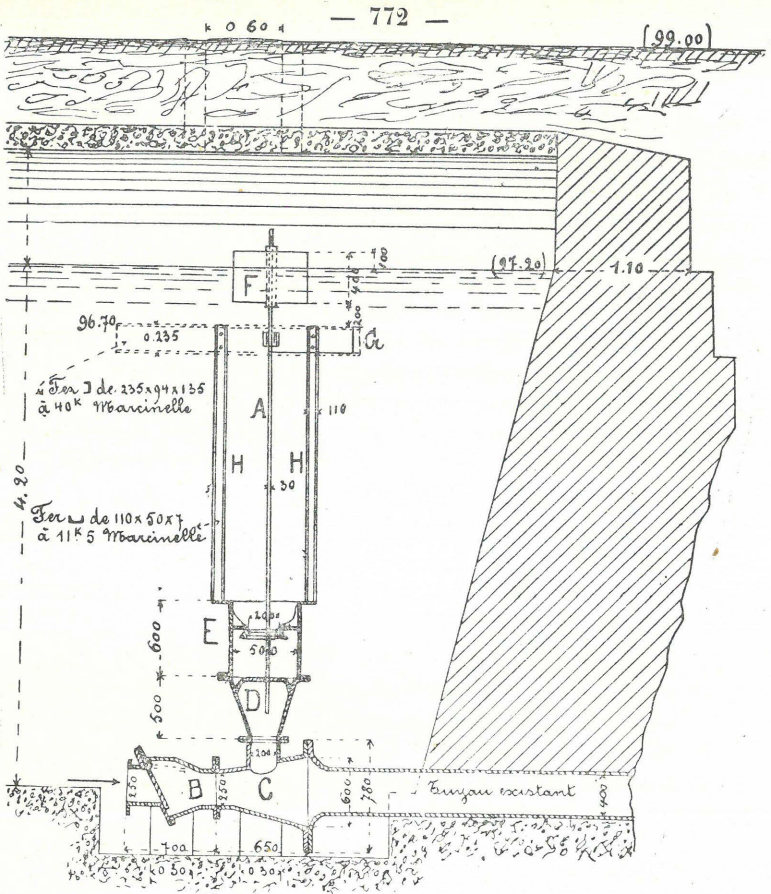
| | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| Conduites de 0 ^m .65. — 2 × 3,200 × 53 fr. = . . fr. | 339,200 » |
| — 0 ^m .50. — 2 × 4,900 × 39 fr. = . . . | 382,200 » |
| Total . . . fr. | 721,400 » |

Les dépenses eussent été les mêmes dans les deux combinaisons, mais par les deux réservoirs le service est beaucoup mieux assuré, car l'alimentation des communes de Schaerbeek, de Saint-Josse-ten-Noode et de Koekelberg pourrait encore se faire par le réservoir d'extrémité, alors même que les deux conduites qui y aboutissent viendraient à être rompues.

Quant aux dispositions des réservoirs, elles ne présentent rien de spécial, sinon les voûtes de couverture qui sont remarquables par leur légèreté ; elles n'ont, en effet, que 0^m.12 d'épaisseur à la clef et 0^m.20 aux naissances, pour une ouverture de 4^m.80 et quoique surbaissées au huitième.

On verra au chapitre suivant combien ces ouvrages ont été établis économiquement, quoique très solidement, grâce à un choix judicieux des matériaux de construction.

Chaque réservoir a deux compartiments, pouvant fonctionner simultanément ou isolément ; chacun d'eux est muni d'un appareil enregis-



Échelle 0^m,02 p. m.

NOTICE EXPLICATIVE.

Fig. 12.

- A. — Tige creuse sectionnée en tronçons dont les extrémités sont vissées sur des douilles. Au droit des guides, la tige sera en bronze sur la longueur nécessaire.
- B. — Appareil à clapet de 250 m³/m, du système de la Compagnie des conduites d'eau à Liège, ou équivalent.
- C. — Réduction de 600/50, à tubulure à bride, de 200 m³/m.
- D. — Réduction de 200/500, avec nervures et guide en bronze pour la tige de la soupape.
- E. — Pièce cylindrique à brides avec siège intérieur pour la soupape. Ce siège sera muni d'un cercle en bronze; au droit du contact avec la soupape, celle-ci sera garnie de caoutchouc, de façon à réaliser l'étanchéité.
- F. — Flotteur en tôle de fer de 3 m³/m d'épaisseur qui sera vissé sur la tige de la soupape et qui pourra être monté ou descendu à volonté.
- G. — Poutrelle (de 235 × 94 × 13,5) à 40 kil. (Marcinelle et Couillet), servant à supporter le guide de la tige de suspension de la soupape et à rendre impossible le soulèvement de la pièce E, grâce aux raidisseurs HH. Sur cette poutrelle viendra reposer l'échelle du regard de visite.
- H. — Fers raidisseurs (de 110 × 50 × 7) à 11k,5 (Marcinelle et Couillet).

Quand le réservoir est plein, comme l'indique la figure 12, la soupape E, entraînée par le flotteur se ferme, l'eau ne peut plus alors entrer dans le réservoir, mais celle qui est contenue pourra en sortir dès que ce sera nécessaire, c'est-à-dire dès que, par suite d'une forte consommation en ville, la pression dans le tuyau d'amenée deviendra à peu près nulle, car alors la pression de l'eau du réservoir suffira pour ouvrir le clapet B.

treur de niveau d'eau, comprenant un flotteur dont les variations de niveau sont inscrites automatiquement sur un tambour muni d'un mouvement d'horlogerie et actionné par l'électricité.

Le réservoir de Schaerbeek est, en outre, pourvu d'un appareil automatique qui ferme les tuyaux d'amenée dès que l'eau atteint le niveau du trop-plein, de sorte que si l'eau n'est pas absorbée par la consommation, elle remonte dans le réservoir de tête, à Boitsfort, où le trop-plein peut toujours fonctionner.

Sans cet appareil, imaginé par M. l'ingénieur Deblon et dont la figure 12, ci-dessus, et la notice explicative donnent le dispositif et le mode de fonctionnement, l'eau se serait perdue par le trop-plein du réservoir de Schaerbeek, avant que le réservoir de Boitsfort fût rempli.

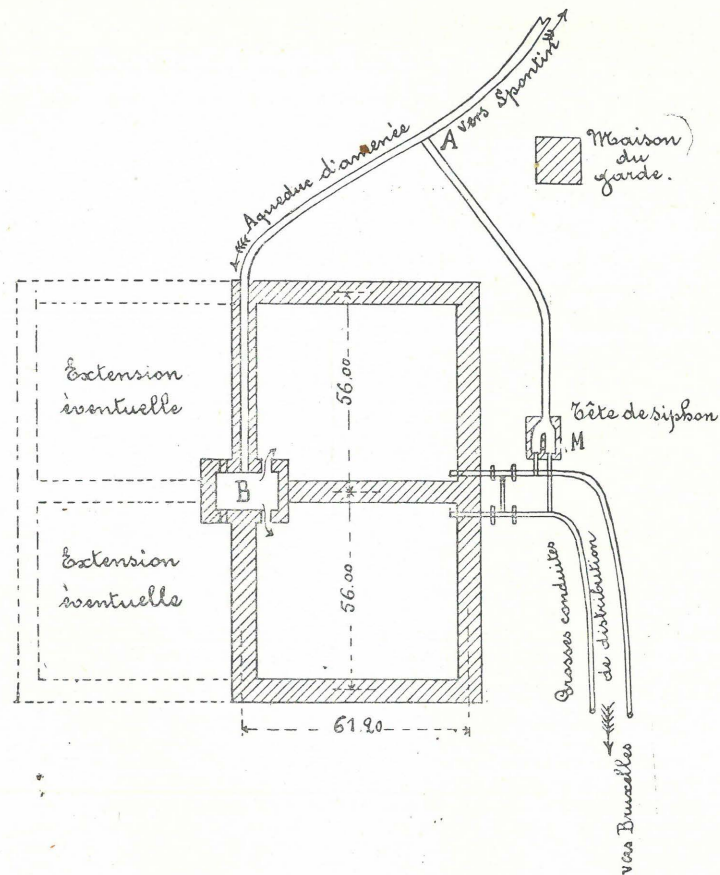


Fig. 13. — Réservoir de tête à Boitsfort. — Capacité actuelle 25,000 m³.

B, bache de distribution avec déversoir et appareil de jauge.

Une *maison de garde* est bâtie à côté de chaque réservoir. Il y a, en outre, à Boitsfort une *bâche de distribution avec déversoir de jauge* et appareil enregistreur des hauteurs d'eau sur le seuil du déversoir.

Enfin, pour le cas où les deux compartiments du réservoir devraient être mis hors de service, un *aqueduc direct A M* (voir fig. n° 13) relie l'aqueduc d'aménée aux colonnes de distribution; la jonction se fait par l'intermédiaire d'une tête de siphon.

Conduites principales de distribution. — En ce qui concerne les conduites de distribution, deux particularités sont à signaler : 1° les chambres de prise d'eau et de jauge à l'entrée des communes; 2° les liaisons des conduites jumelles.

Chambre de jauge. — Le schéma, planche LXIII, donne l'ensemble des communes alimentées et des conduites de distribution; celles-ci sont doubles, de manière à assurer l'alimentation en cas de rupture de l'une d'elles; elles réunissent les réservoirs et portent l'eau à l'entrée des communes.

Lorsque l'eau est fournie en gros, comme c'est le cas pour les communes de Cureghem-Anderlecht, de Saint-Gilles, d'Ixelles, de Saint-Josse-ten-Noode et de Schaerbeek, elle est jaugée à l'entrée de la commune; si, au contraire, la Compagnie fournit l'eau directement aux abonnés, comme c'est le cas pour les communes de Forest, de Watermael-Boitsfort, d'Auderghem, de Woluwe-Saint-Lambert et de Woluwe-Saint-Pierre, il n'y a pas de jauge à l'entrée de la commune, la consommation est déterminée par les compteurs placés chez les abonnés; la Compagnie intercommunale supporte, dans ce dernier cas, les pertes par le réseau de distribution local.

Il y a une chambre de jauge au lieu dit « Ma Campagne », pour la commune de Saint-Gilles; une à l'intersection de la chaussée de Waterloo avec la chaussée de Vleurgat, pour la commune d'Ixelles; une autre au point de croisement de la chaussée de Boendael et du boulevard Militaire, pour la même commune; une à la place Dailly, pour Schaerbeek, et une chaussée de Louvain, pour la commune de Saint-Josse-ten-Noode.

Il y a en outre une chambre de jauge place Bara, pour la commune de Cureghem-Anderlecht.

La planche LXIII donne la disposition type de ces chambres.

L'appareil de jauge de la place Bara est un compteur Kennedy de 0^m.15 de diamètre, pouvant débiter environ 2,000 mètres cubes par jour.

Les autres appareils sont des *compteurs Venturi* pouvant débiter et jauger de quarante-cinq à six cents mètres cubes d'eau par heure. Ils ont été établis par la maison Masson et C^{ie}, de Bruxelles, agent général de l'usine Kent pour la fabrication des compteurs, à Londres.

Compteurs Venturi à grand débit. — On sait que ces appareils se composent essentiellement d'un tube en fonte tronconique, percé d'une petite ouverture à l'entrée et d'une de même dimension à la section rétrécie; ces deux ouvertures sont garnies de tuyaux en cuivre qui communiquent avec des colonnes mercurielles dont le niveau varie selon la pression dans les tubes en fonte.

Il est évident que la vitesse de l'eau est beaucoup plus grande dans la section rétrécie du tuyau que dans la section normale, le débit en chaque point étant égal au produit de la section par la vitesse.

A cette augmentation de vitesse correspond une perte de charge ou de pression qui se traduit par un abaissement de la colonne mercurielle. Les variations du niveau de la colonne de mercure, correspondantes aux sections normale et rétrécie du tuyau, sont ainsi proportionnelles à la vitesse et par conséquent au débit; il suffit donc de tarer l'appareil convenablement pour pouvoir déterminer le débit au moyen des variations de niveau des colonnes mercurielles.

Un appareil enregistreur inscrit à tout moment le débit sur une feuille de papier, appliquée sur un tambour mù par un mouvement d'horlogerie.

L'enregistreur ne peut être placé à plus de 500 mètres du compteur sans l'aide de transmissions électriques. Les diagrammes donnent les indications journalières ou hebdomadaires, à volonté; il font ressortir l'importance des variations de la consommation, diurnes, hebdomadaires ou annuelles et permettent de prévoir, en temps utile, les extensions nécessaires des ouvrages de captage et de distribution des eaux.

Les diagrammes indiquant le débit à tout moment, on peut évidemment en déduire la consommation totale pendant un certain temps, une journée par exemple; mais pour ne pas devoir faire les calculs que cette déduction comporte, on place ordinairement un indicateur à cadran totalisateur à côté du diagramme; ce cadran indique directement la consommation, à la façon d'un compteur ordinaire.

Les chambres de jauge sont généralement enterrées comme les conduites d'eau; mais les appareils enregistreurs, diagrammes et cadrans, sont placés au-dessus du sol, à l'abri de l'humidité et des intempéries, soit dans une aubette en bois ou en fer, soit dans un bâtiment quelconque.

Un carré de 1^m.40 de côté suffit pour mettre un enregistreur à diagramme et un indicateur à cadran avec tous les accessoires.

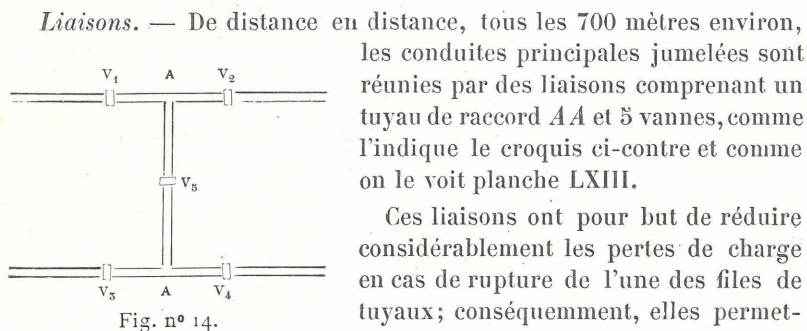
Généralement, et tel est le cas notamment pour les installations que nous avons fait exécuter, les tubes sont complètement enterrés.

Les compteurs Venturi ne sont pas des appareils de précision. Ainsi, par exemple, le calibre qui permettra de jauger un débit de 600 mètres cubes à l'heure, sous une pression de 5 atmosphères, ne pourra, dans cette hypothèse, jauger exactement, c'est-à-dire à 4 p. c. près, des débits inférieurs à 45 mètres cubes à l'heure. Le Venturi est un compteur à grand débit, simple et robuste, peu encombrant, convenant pour jauger les grandes consommations comme celles que nous avons à enregistrer à l'entrée des populeuses communes de l'agglomération bruxelloise. A débit égal, il est moins cher que les autres systèmes de jaugeurs.

Chaque installation, comprenant le tube conique placé sur une conduite de 0.500, les tubes transmetteurs de la pression à 50 mètres de la chambre de jauge, l'enregistreur à diagramme et l'enregistreur à cadran, coûte 5,250 francs.

Un pavillon en fer contenant deux enregistreurs à cadran et à diagramme coûte 1,200 francs.

Les enregistreurs et leurs accessoires sont les seules parties délicates de ces appareils.



les diamètres des tuyaux et, par suite, les frais de premier établissement.

Elles permettent encore de restreindre la quantité d'eau perdue en cas de rupture et, par suite, les dégâts à la voirie et aux propriétés riveraines.

On comprendra aisément l'effet des liaisons en comparant 2 conduites jumelées, de 4,000 mètres de longueur, par exemple, sans liaison,

à 2 conduites reliées tous les 800 mètres, c'est-à-dire par 4 liaisons.

Dans le premier cas, si l'une des files de tuyaux est mise hors de service, toute l'alimentation doit se faire par la seconde conduite; la vitesse de l'eau doit s'accroître en proportion dans celle-ci et les pertes de charge se trouvent ainsi considérablement augmentées sur 4,000 mètres de longueur; la conduite rompue peut se vider, en outre, sur tout son développement.

Dans le second cas, au contraire, il suffit de fermer les vannes à l'endroit des liaisons, de manière à isoler la section rompue, pour réduire à la longueur de 800 mètres l'influence de l'augmentation des pertes de charge dues à la rupture.

Les pertes d'eau seront localisées et ne correspondront plus qu'au volume emmagasiné dans une section de 800 mètres de longueur.

Il est évident que pour livrer l'eau dans les mêmes conditions de volume et de pression en cas de rupture d'un tuyau, il faut adopter des diamètres sensiblement plus grands si l'on ne place pas de liaison que si l'on a recours à cette installation peu coûteuse.

L'économie réalisée dans les installations de la Compagnie intercommunale par l'introduction des liaisons, s'élève à 150,000 francs environ.

Conduites de distribution locales ou communales. — Celles-ci comprennent les conduites rachetées à la Ville de Bruxelles et placées par elle dans les communes-faubourgs, avant le 1^{er} janvier 1898, et celles établies par les soins de la Société intercommunale durant l'année 1898. Ces dernières, dont le développement atteint environ 120 kilomètres, complètent l'ancien réseau et l'approprient à sa nouvelle destination dans les communes qui étaient déjà partiellement alimentées; elles s'étendent, en outre, dans les communes suburbaines de Bruxelles, qui n'étaient aucunement pourvues d'eau potable.

Les installations sont disposées de manière que chaque commune ait son réseau propre, indépendant, et soit maîtresse chez elle.

Elles ne comportent pas d'autre spécialité à mentionner.

Toutes les conduites sont en tuyaux de fonte à emboîtement ordinaire, avec joint au plomb. Elles sont éprouvées en tranchée, avant d'être mises en service, à la pression de 12 atmosphères, et les tuyaux sont d'ailleurs soumis isolément, à l'usine, à la pression hydraulique de 15 atmosphères.

De nombreux branchements d'abonnés (environ 600), qui étaient greffés sur des conduites restant à la Ville, notamment dans les rues formant limite entre Bruxelles et les communes voisines, ont dû être

coupés et reportés sur les conduites nouvelles, mais ce travail n'a rien présenté qui vaille la peine d'être signalé.

Les nombreux sectionnements, débranchements et raccords effectués dans les derniers temps, pour isoler chaque réseau de distribution, ne donnent lieu non plus à aucune observation qui mérite d'être notée, si ce n'est que ces travaux troublent les eaux; il eût été désirable de les exécuter avant la mise en service de la distribution, mais cela n'était pas possible dans le cas actuel.

CHAPITRE III.

MODES ET PROCÉDÉS D'EXÉCUTION.

MATÉRIAUX ET MÉLANGES.

§ 1^{er}. TERRASSEMENTS ET MAÇONNERIES.

Les terrassements à ciel ouvert, soit pour le captage des eaux, soit pour l'aqueduc d'amenée, soit pour l'établissement des réservoirs, ne sortent point de la pratique courante des travaux.

Il n'en est pas de même du creusement des souterrains, à cause de la longueur de ceux-ci, de leur profondeur sous la surface du sol et de la nature des terrains rencontrés.

Deux tunnels méritent une mention spéciale : celui de Bois-de-Villers, dans l'Entre-Sambre-et-Meuse, et celui de Brye, compris entre Sombrefe et Marbais (Brabant)

Tunnel de Bois-de-Villers. — Le premier, long de 3,400 mètres, est creusé en plein rocher, à des profondeurs qui varient de 8 à 50 mètres et dépassent généralement 30 mètres. La section théorique à déblayer mesure environ 1^m.80 de largeur sur 2^m.50 de hauteur; mais il est généralement impossible, en pratique, de ne pas dépasser ces dimensions et le plus souvent la section est de 2 x 2^m.50.

De nombreux puits profonds ont dû être établis pour mener ce travail à bonne fin en moins de deux années.

L'espacement des puits a varié de 200 à 600 mètres, le plus grand espacement correspondant à la plus grande profondeur du tunnel; on disposait ainsi d'un grand nombre de fronts d'attaque. Le creusement

s'effectuait à l'aide de mines généralement chargées à la dynamite, les eaux souterraines ne permettant pas l'emploi de la poudre.

Les déblais étaient remontés par les puits dans des tines ou larges cuvettes, à l'aide d'un treuil. Les mêmes cuvettes servaient à la descente des briques, du mortier, du béton, pour l'exécution des revêtements en maçonnerie.

Les hommes descendaient ou remontaient en s'accrochant au câble du treuil, par l'intermédiaire d'une ceinture souple et solide qui leur serrait la taille et présentait deux boucles pour le passage des jambes, de manière à réaliser une sorte de chaise sans dossier. Un mousqueton de surété fermait l'attache de l'anneau de la ceinture au crochet du câble mû par le treuil.



Mousqueton de surété.

Grâce à l'emploi général de ces ceintures, les accidents furent fort rares.

L'aérage se faisait par les puits, mais aussi longtemps que ceux-ci ne se trouvaient pas en communication par le fond, il fallait refouler de l'air jusqu'au front de taille. Le refoulement se faisait par un ventilateur à main, installé à l'entrée des puits et communiquant par des tuyaux en zinc avec la galerie.

Tous les puits étaient blindés et généralement aussi les souterrains, car à toutes les profondeurs, les roches, surtout celles de nature calcaire, étaient disloquées et entre les bancs de roc on rencontrait presque toujours des matières meubles, plus ou moins argileuses, pouvant occasionner des glissements.

Ces boisages en terrain dur ne donnent lieu à aucune observation spéciale. Nous indiquerons d'ailleurs plus loin les boisages plus importants employés en mauvais terrain.

L'épuisement des tunnels se faisait à l'aide de pompes à bras.

L'exécution du revêtement en maçonnerie suivait le creusement; le plus souvent on minait la nuit et on maçonnait le jour; ainsi l'on réduisait au minimum les frais généraux de surveillance, d'épuisement et de soutènement.

L'éclairage se faisait par des lampes à l'huile ordinaires. Ces appareils produisent énormément de fumée, qui dérange les travailleurs; mais elles sont d'un maniement facile et sans danger.

Il est à espérer que l'on pourra bientôt les remplacer par des appareils plus perfectionnés.

L'essai fait en 1897, dans les galeries de captage à Spontin, de

lamps à l'acétylène a réussi, sauf un accident sans gravité; la lumière à l'acétylène est très belle et n'incommode aucunement les ouvriers.

Tunnel de Brye. — Tandis que le tunnel de Bois-de-Villers se trouve en terrain rocheux, généralement perméable et n'exigeant conséquemment que de faibles épaissements et des boisages ordinaires, celui de Brye est situé en pleine couche aquifère, dans des terrains meubles, formés d'argile et de sable, sur une longueur de 2,020 mètres.

Le schéma ci-dessous (croquis n° 15) indique la disposition générale du terrain et des eaux à l'emplacement de l'aqueduc. On voit que celui-ci est généralement situé dans l'argile fluente et parfois dans le sable bouillant sous-jacent.

Le niveau des eaux, ou la nappe aquifère, s'établit à quelques mètres au-dessus du radier de l'aqueduc. Celui-ci se trouve à une profondeur de 9 à 13 mètres sous la surface du sol.

Terrassements. — Le creusement d'un tunnel aussi long exigeait évidemment le fonçage de puits pour multiplier les points d'attaque. Dès 1893, M. Monnoyer, l'entrepreneur de la conduite d'amenée, avait essayé de foncer deux puits; mais malgré les forts boisages employés et le placement de cadres formés de poutrelles en fer, les puits se déformaient et se déplaçaient.

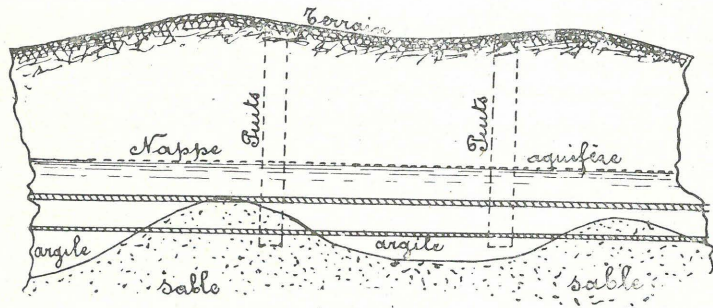


Fig. 15.

Les travaux furent abandonnés jusqu'en 1897 et repris alors avec les meilleurs ouvriers et tout le matériel d'épuisement et de soutènement dont l'entreprise disposait.

L'espacement des puits de service définitifs devait être de 500 mètres; on rapprocha jusqu'à 20 mètres les puits provisoires pour l'exécution des travaux.

On multiplia le nombre et la grosseur des bois de soutènement et on consolida le tout par des pièces de fer.

Par suite des poussées du terrain, on ne parvenait pas à foncer les puits sous une section régulière; à mesure qu'on descendait, la section des puits devenait de plus en plus étroite, malgré les efforts faits pour combattre ce rétrécissement; il fallait, dans certains cas, pour obtenir au fond du puits des dimensions suffisantes, environ 1^m.40 de côté, lui donner 2^m.50 de largeur en haut.

De même, pour avancer en galerie à la hauteur voulue, fallut-il mettre le point de départ du toit de la galerie, contre le puits, à un niveau beaucoup plus élevé que le niveau théorique, les pressions du sol tendant toujours à abaisser les bois de soutènement.

Nous allons indiquer en détail les différentes manières d'opérer.

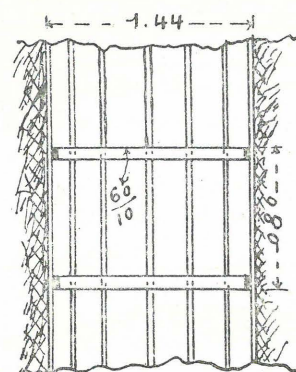


Fig. 16.

1° Puits. — a. Lorsque les éboulements des parois n'étaient pas trop à craindre, on creusait un trou de 1^m.44 de diamètre, contre les parois duquel on collait des voliges de 0^m.02 d'épaisseur que l'on maintenait en place par des cercles en fer de 60/10 millimètres, espacés de 0^m.80 à 1 mètre l'un de l'autre.

b. Quand il était reconnu de suite qu'on se trouvait en mauvais terrain, on creusait le trou carré de 2^m.18 de côté; on soutenait les parois par des madriers de 0^m.04 d'épaisseur, maintenus en place par des cadres de 1^m.70 intérieurement et de $\frac{0^m.20}{0^m.20}$ de section; ces cadres étaient espacés d'environ 0^m.80 à 1 mètre. (Fig. 17.)

c. Parfois, à une faible profondeur, on rencontrait l'argile fluente; on devait alors augmenter les dimensions des cadres; on leur donnait 2^m.50 intérieurement en tous sens et l'on employait des bois de 0^m.50 de diamètre ou section de $\frac{0^m.50}{0^m.20}$; contre les parois on plaçait des madriers de 0^m.06 d'épaisseur. (Fig. 18.)

Les cadres supérieurs en bois étaient reliés au moyen de clames en fer *c, c'* de 110/10 millimètres, à un autre cadre de dimensions plus fortes placé sur le sol et formé de poutrelles en fer de 0^m.25 de hauteur, jumelées P P' P''...; de cette façon, on avait une plus grande assise sur

le terrain naturel. Les cadres en bois étaient espacés de 1 mètre et rendus solidaires les uns des autres par des clames en fer de 110/10 (*c, c', c''...*)

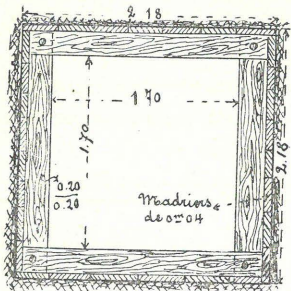


Fig. 17. — Coupe horizontale.

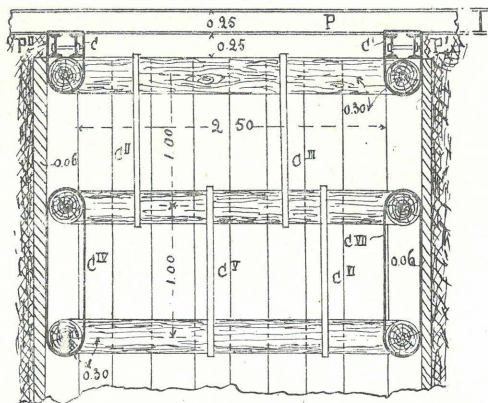


Fig. 18. — Coupe verticale.

d. Il est arrivé néanmoins que tout ce système descendait et suivait l'enlèvement des terres; alors on avait recours au dispositif figuré ci-contre (figure 19): le cadre d'orifice, en poutrelles jumelées, était remplacé par de grosses poutres en bois de 0^m.50 de section, ou des arbres de 0^m.50 de diamètre, et de 15 mètres

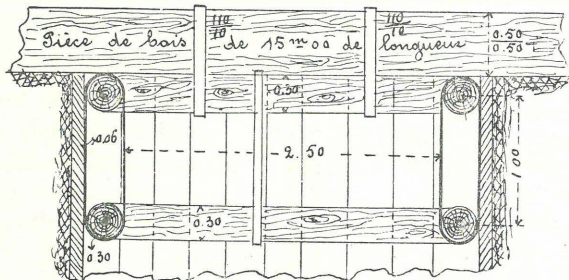


Fig. 19. — Coupe verticale.

de longueur. Tout le cuvelage du puits était porté par ces deux grandes pièces de bois, auxquelles il était relié par des clames en fer 110/10 millimètres.

2^o Boisage des galeries ou des souterrains. — *a.* Le terrain étant sablonneux ou argileux, les parois de la fouille étaient soutenues par un étaisage sur cadres formés de deux poteaux et d'un chapeau; ces cadres étaient espacés de 0^m.80 à 1 mètre, et supportaient latéralement, du côté des terres, des madriers de 0^m.04 d'épaisseur ou de 0^m.06, sui-

vant que le terrain était plus ou moins mauvais; le dessus de la galerie était maintenu par un plafond formé de madriers de 0^m.06 d'épaisseur.

Ci-dessous, nous figurons la manière de placer les madriers du plafond.

Les madriers *m* et *m'* étaient affûtés à leur extrémité, vers l'avancement; on les enfonçait le plus avant possible en frappant en *a*, ensuite on plaçait la cale *c'* de manière que l'extrémité *b* reste surélevée, on arrivait ainsi à placer l'étaisage n^o 3 à hauteur voulue; il va sans dire que dans le terrain boulant, le front de galerie devait être garni d'un bouclier pour empêcher la venue du boulant, et les madriers de côté devaient être placés aussi jointivement que possible.

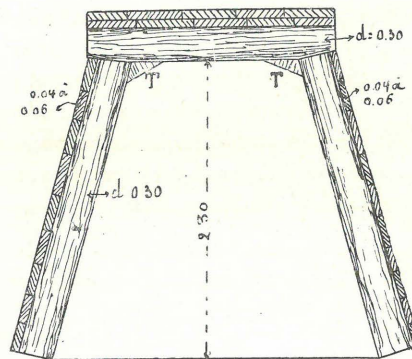


Fig. 20. — Coupe verticale.

Il est arrivé, alors, qu'on a dû, pour empêcher le rapprochement des poteaux, remplacer les coins *T* (figure 20) par une pièce de bois clouée sur le chapeau et ayant une section de 0^m.20.

Enfin, il s'est présenté à Brye plusieurs cas où le système de boisage

qui vient d'être indiqué n'était pas applicable; on a eu recours au dispositif suivant, qui a réussi en plein boulant et dans l'argile fluente.

Les deux poteaux *A, A* et le chapeau étant placés, on garnit l'intérieur d'un cadre *m. n. o. p.* (fig. 22 et 23), en

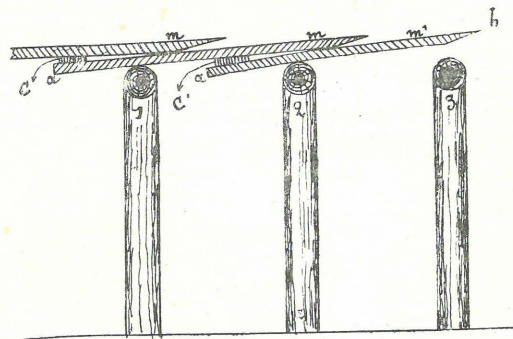


Fig. 21. — Coupe longitudinale.

pièces de bois de 8/23, et sous ce cadre, dont la partie inférieure est à environ 0^m.60 ou 0^m.65 au-dessus du radier, on enfonce, aussi loin vers l'avancement que possible, des madriers affûtés, *m' m' m'*.

On forme ainsi une espèce de plancher; le cadre et le plancher empêchent le tout de descendre.

En prenant toutes les précautions possibles, et en mettant des palplanches au fur et à mesure de l'enlèvement des déblais, on arrive à placer les deux pièces x et x' (fig. 25), maintenues, du reste, contre les poteaux A, A, par des pièces provisoires $p' p'$ qui sont supprimées quand on a suffisamment déblayé au-dessus du plancher $m' m'$; alors on établit la chandelle c maintenue à la traverse B par le pous-sard c' ; on peut dès ce moment placer un nouveau cadre A' A' et maçonner dans toute la partie au-dessus du plancher.

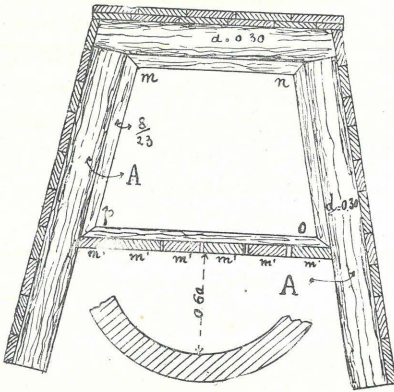


Fig. 22.

Mais pour la partie en-dessous du plancher, le travail est encore plus difficile; le poteau A' (fig. 24), ou pour mieux dire, le cadre A'

étant placé, on coupe le plancher en x et on place en travers de la galerie une pièce de bois 0.08/0.23 devant laquelle on enfonce un bouclier formé de lames de fer (t) de 1 mètre de longueur, de 0m.20 de

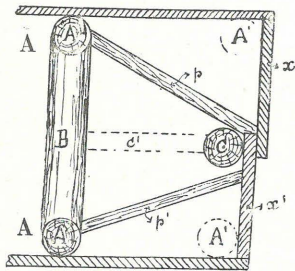


Fig. 23. — Coupe horizontale.

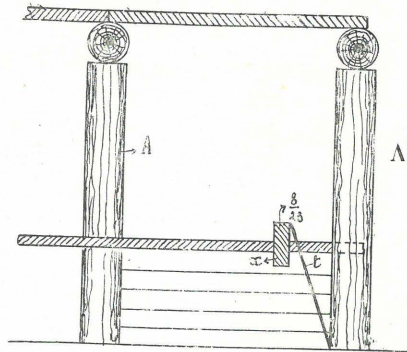


Fig. 24. — Coupe longitudinale.

largeur et 0m.01 d'épaisseur; on met des palplanches sur les côtés, aussi bien que possible, et on arrive ainsi à creuser et à maçonner la partie sous le plancher; c'est ce dernier système qui a été employé dans les plus mauvais terrains.

Il a réussi, grâce à l'énergie de l'entrepreneur et des ouvriers et à l'emploi de blocs de béton comprimé préparés d'avance pour la construction du radier et des piédroits de l'aqueduc. Et la réussite n'a pas même été complète du premier coup.

Après l'achèvement du travail, on a constaté de nombreuses dénivellations allant jusqu'à 0m.50 de hauteur dans le radier de l'aqueduc: certains points étaient trop bas, d'autres trop haut; il a fallu abaisser ultérieurement les points hauts de manière à conserver à l'aqueduc sa puissance d'adduction. Les points bas ont été maintenus; ils seront comblés par les sables et argiles qu'entraînent les eaux et, au besoin, avec de la fine pierraille ou du béton.

On comprend aisément qu'il est impossible d'exécuter des travaux de l'espèce à la perfection.

Les ouvriers y sont constamment en danger, ils ont les pieds dans l'eau et respirent une atmosphère humide, chargée de fumée de lampes à l'huile; ils entendent craquer les bois autour d'eux et cherchent à en finir le plus tôt possible.

La surveillance est d'ailleurs inefficace, car les surveillants eux-mêmes sont hommes et demandent l'achèvement rapide d'un travail aussi pénible que dangereux.

Aussi, dans les cas de l'espèce, faut-il prévoir pour les maçonneries des épaisseurs largement suffisantes et des matériaux de premier choix.

Il est regrettable, sous ce rapport, que l'on n'ait pas exécuté les renforcements que nous avons prévu au cahier des charges et dont nous avons parlé au 2^e chapitre.

Depuis la construction de l'aqueduc, il est vrai que le terrain s'est asséché et a pris plus de consistance. Tandis qu'en pleine période de travaux, l'on pompait 4,000 à 6,000 mètres cubes d'eau par jour entre Sombreffe et Marbaix, sur une longueur de 4,000 mètres environ, aujourd'hui les mêmes ouvrages ne recueillent plus que 1,200 mètres cubes d'eau à peine.

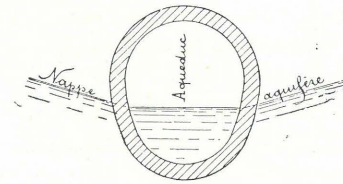


Fig. 25.

Le réservoir souterrain s'est vidé, la nappe aquifère s'est abaissée de manière à passer par le niveau du plan d'eau dans l'aqueduc d'amenée, en conservant une

forme sensiblement parabolique, comme l'indique la figure 25.

Néanmoins, il est certain que des vides, des poches se sont formées et d'autres se formeront dans le sol, à proximité ou contre les parois

extérieures de l'aqueduc, par suite de l'entraînement des sables et des argiles par les eaux.

De ces vides résulteront des effondrements qui pourraient soumettre l'aqueduc à des efforts énormes auxquels il résisterait difficilement, vu la faible épaisseur de ses maçonneries.

Quant aux épaissements, ils sont difficiles, onéreux et insuffisamment efficaces pour les travailleurs, à cause de l'existence de l'argile dans l'eau.

Impossible, en effet, d'enlever par épuisement toute l'eau mélangée à l'argile.

Il n'est pas très difficile de débarrasser le sable bouillant de son eau, mais on ne peut, dans la pratique courante des travaux, assécher totalement l'argile fluente; cet assèchement ne se produit qu'à la longue.

Ce que les pompes à bras, les 3 pompes Worthington à vapeur et les 3 pulsomètres employés pour la construction du tunnel de Brye n'ont pu faire, le temps l'a patiemment réalisé, et l'on peut dire que le terrain dans lequel cet ouvrage a été établi avec tant de peine, est aujourd'hui à peu près débarrassé, jusqu'au niveau du plan d'eau dans l'aqueduc, de l'eau qui le rendait bouillant dans le sable et boueux dans l'argile.

Exécution des maçonneries. — Pour compléter le § 1^{er}, il reste à dire quelques mots de l'exécution des maçonneries.

L'aqueduc est normalement établi en maçonnerie de briques sous une épaisseur de 0^m.20 formée de deux rouleaux indépendants. La liaison des deux rouleaux s'obtient uniquement par le mortier placé dans le joint compris entre les deux rouleaux; elle est suffisante, jamais on n'a constaté de séparation entre les 2 rouleaux.

La construction du radier et des piédroits ne présente aucun intérêt.

Pour les voûtes, les maçons procèdent en reculant: ils construisent sur cintre un tronçon d'environ 0^m.80 de longueur, décintrent immédiatement, ce que permet l'emploi de mortier de ciment, puis construisent de la même manière un nouveau tronçon de 0^m.80 de longueur et ainsi de suite. On travaille de même en souterrain.

Dans les tranchées à ciel ouvert, en terrain meuble on coupe le sol suivant le profil extérieur du radier et des piédroits, mais dans les tranchées en terrain rocheux et dans tous les tunnels, il y a nécessairement des vides et souvent des boisages entre la paroi normale de la maçonnerie et la fouille.

Généralement ces vides ont été remplis de maçonnerie jusqu'au niveau de l'intrados de la voûte, comme le prescrivait le cahier des

charges, de façon à ne laisser subsister aucune poche ni porte-à-faux.

Les remplissages en maçonnerie n'ont guère été incomplets que dans les tunnels en mauvais terrains, tel que le tunnel de Brye. Cette infraction au cahier des charges a été duement constatée et est comprise dans le litige pendant entre l'entrepreneur et la Compagnie.

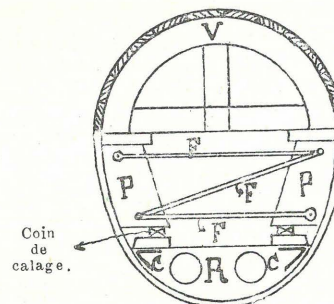
Dans les tunnels, il a été permis de faire les remplissages au-dessus de la voûte avec des pierres sèches calées au marteau ou avec des terres pilonnées.

L'entrepreneur de la Compagnie ayant la faculté de remplacer la maçonnerie de briques par du béton, avec l'avantage de pouvoir réduire d'un cinquième, en ce cas, l'épaisseur normale des maçonneries prévues en briques, le béton fut mis en œuvre dans la construction de 20 kilomètres environ d'aqueduc.

D'autre part, nous avons prescrit, par raison d'économie et pour aller plus rapidement, l'emploi du béton pour la construction du radier, des piédroits et des voûtes de réservoirs, ainsi que pour tous les ouvrages de captation.

Tous ces bétonnages ont été exécutés contre des coffrages ou sur des cintres (pour les voûtes) de forme appropriée aux ouvrages à obtenir.

Pour l'aqueduc d'amenée, le coffrage est en trois parties R, P, V (figure 26), correspondant au radier, aux piédroits et à la voûte, comme le montre le croquis ci-contre; chaque partie peut être déplacée séparément. Lorsqu'on veut faire la voûte, après avoir enlevé les coffrages P, R, des piédroits et du radier, on soutient le cintre au moyen de gabarits spéciaux, légers, dont ci-contre un croquis.



F : fer de 0.05 X 0.015.
C : charnière en fer.

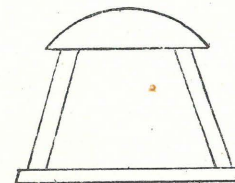


Fig. 26.

Garabit pour soutenir le cintre.

Le damage du béton pour la construction de l'aqueduc en tranchée ne présente aucune difficulté.

Pour exécuter la voûte en souterrain, on doit employer une tôle de fer cintrée suivant la forme de l'extrados et placée à la distance voulue du cintre en bois correspondant à l'intrados, de manière que l'intervalle

compris entre les deux formes correspond à l'épaisseur de la voûte. Celle-ci est alors réalisée en damant longitudinalement le béton entre les deux cintres concentriques. Lorsque le vide au-dessus de l'extrados ne dépasse pas 0^m.10 à 0^m.15, on n'emploie pas la tôle cintrée d'extrados et on remplit de béton tout l'espace compris entre le cintre d'intrados et le vide de la fouille; on dame longitudinalement toujours et l'on exécute aisément un bon travail.

Ainsi que nous l'indiquions à propos du tunnel de Brye, il a été fait usage de blocs de béton rapportés pour l'exécution des piédroits et de l'aqueduc d'amenée en mauvais terrains; c'était le seul moyen d'aller vite et de vaincre les sous-pressions et l'afflux de boue ou de sable par le radier. En pesant sur ces blocs, les hommes parvenaient à les mettre, aussi bien que possible, au niveau voulu et alors on montait immédiatement la voûte en briques.

L'emploi de blocs en béton rapporté s'imposait également dans les aqueducs de captage, où les venues d'eau étaient considérables. On constituait ainsi, sans difficulté, le radier et les parties de piédroits situées sous le niveau des eaux; après quoi on achevait l'ouvrage en bétonnant contre des coffrages en bois.

Les blocs de béton placés du côté où venaient les sources étaient percés de trous pour faciliter l'arrivée de l'eau dans les aqueducs.

Un point important à signaler dans l'emploi des bétons, c'est de ne les faire ni trop secs ni trop humides; ils doivent être légèrement plastiques pour permettre un bonamage.

Il importe aussi de bien raboter les couchis ou les surfaces en contact avec le béton et de les entretenir bien lisses, sans quoi il se produit des arrachements au décentrement; sous ce rapport, les surfaces métalliques conviennent mieux que celles en bois et l'emploi de coffrages en fer suffisamment légers est à recommander.

En tous cas, les coffrages doivent être rigides et indéformables sous le pilonnage.

Lorsque la pierraille provient uniquement du concassage de pierres de calcaire ou de grès bien propres, il est absolument inutile de la laver; souvent même le lavage sera nuisible, car il enlèvera une certaine quantité de poussier adhérent à la pierraille et excellent pour faire du mortier.

§ 2. — OUVRAGES MÉTALLIQUES.

Les constructions en fer, telles que couvercles de regards de visite, portes des têtes de siphons, tabliers de ponts-siphons, passerelles, etc., ne présentent rien de remarquable.

Les conduites en fonte composant les siphons de la conduite d'amenée sont formées de tuyaux de 0^m.50 à 0^m.90 de diamètre, de 4^m.115 de longueur totale dont 4 mètres de longueur utile, assemblés à emboîtement avec joint formé de corde goudronnée, de plomb coulé et maté.

Les tuyaux de 0^m.50 de diamètre intérieur pèsent 195 kilogrammes par mètre courant utile et ont au fût 0.016 d'épaisseur normale.

Les tuyaux de 0^m.60 de diamètre intérieur pèsent 265 kilogrammes par mètre courant utile et ont au fût 0.018 d'épaisseur normale.

Les tuyaux de 0^m.65 de diamètre intérieur pèsent 291 kilogrammes par mètre courant utile et ont au fût 0.0185 d'épaisseur normale.

Les tuyaux de 0^m.70 de diamètre intérieur pèsent 320 kilogrammes par mètre courant utile et ont au fût 0.019 d'épaisseur normale.

Les tuyaux de 0^m.75 de diamètre intérieur pèsent 348 kilogrammes par mètre courant utile et ont au fût 0.0195 d'épaisseur normale.

Les tuyaux de 0^m.70 de diamètre intérieur pèsent 455 kilogrammes par mètre courant utile et ont au fût 0.021 d'épaisseur normale.

La tolérance concédée sur l'épaisseur des tuyaux est de 0.004.

Dans les parties des siphons de la Meuse et de la Sambre où la pression est à peu près de 9 atmosphères, les épaisseurs des tuyaux ont été renforcées de 1/10.

Dans les circonstances les plus défavorables, c'est-à-dire pour les tuyaux les plus fatigués, et ayant en même temps l'épaisseur la plus réduite par la tolérance de fabrication, la fonte travaille à peine à 2 kilogrammes à la traction par millimètre carré.

La descente et la manipulation des tuyaux en tranchée, se faisaient à l'aide d'une poulie différentielle suspendue à un tréteau en bois.

Le transport des tuyaux à pied d'œuvre était effectué soit par chariot, soit — lorsque le terrain est inaccessible aux véhicules — au moyen de treuils fixés au sommet des coteaux. Ce n'était certes pas

une opération facile de traîner des tuyaux de 1,000 à 1,800 kilogrammes à travers champs et sur des versants aussi escarpés que ceux de la Meuse et du Bocq.

Pour faire les joints en plomb des tuyaux de grand diamètre, on employait un carcan en fer, dont ci-contre le dessin, que l'on appli-

quait contre le rebord de l'emboîtement; on rendait le joint étanche avec un peu d'argile et on coulait le plomb par l'ouverture supérieure o.

Les parties les plus intéressantes des siphons sont, sans contredit, celles qui sont échouées sous la Meuse et sous la Sambre.

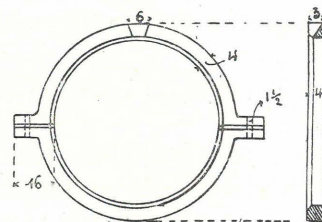


Fig. 27.

Nous avons donné au chapitre I^{er} la description de ces installations et les procédés d'échouage employés.

Les dessins et photographies complètent suffisamment cette description.

§ 3. — MATÉRIAUX ET MÉLANGES.

On vient de voir que les siphons sont construits en fonte et en acier laminé. La fonte est de deuxième fusion, point aigre, bien homogène, facile à entamer au burin et à la lime.

Pour en constater la qualité, on la soumet aux épreuves suivantes :

Par chaque fusion, on coule des barreaux d'épreuve dans du sable bien sec. Ces barreaux de 0^m.04 d'équarrissage sont terminés par des appendices disposés en vue de s'opposer au retrait.

Placés horizontalement sur deux couteaux espacés de 0^m.16, ils doivent supporter, sans se rompre, le choc d'un mouton de 12 kilogrammes tombant de 0^m.40 de hauteur au milieu de l'intervalle des deux appuis. L'enclume supportant les couteaux pèse environ 800 kilogrammes. Les barreaux doivent, en outre, présenter une résistance à la traction de 15 kilogrammes par millimètre carré et supporter la flexion d'un poids de 160 kilogrammes placé à l'extrémité d'un bras de levier de 1^m.50 de longueur.

Tous les tuyaux droits sont coulés debout.

L'acier présente une résistance de 57 à 43 kilogrammes à la rupture par millimètre carré, avec 24 p. c. d'allongement.

Les maçonneries sont exécutées en briques de premier choix des localités et en béton.

Nous avons prévu l'emploi exclusif de briques de Boom, mais, par raison d'économie, on a adopté les briques du pays présentant une résistance moyenne de 150 kilogrammes par centimètre carré à la compression, les briques étant placées, pour cette épreuve, entre deux feuilles de feutre de 3 millimètres d'épaisseur.

La résistance ne peut jamais descendre au-dessous de 100 kilogrammes par centimètre carré.

Le mortier pour l'exécution des maçonneries de l'aqueduc d'amenée se compose de 350 kilogrammes de ciment pour 1 mètre cube de sable ou de poussier; sur les travaux de captage, on a employé un mortier composé de 250 kilogrammes de ciment et 100 kilogrammes de chaux par mètre cube de poussier.

Pour les enduits ordinaires, on emploie 700 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable ou de poussier fin, et pour ceux des réservoirs

on porte la quantité de ciment à 850 kilogrammes par mètre cube de sable.

La composition du béton varie selon les circonstances.

1. — Béton pour la construction des aqueducs de captage, non compris le radier ni la base des piédroits :

150 kilogrammes de ciment ;

75 kilogrammes de chaux éminemment hydraulique éteinte et blutée, fournie en sacs de 50 kilogrammes ;

1/2 mètre cube de poussier ;

1 mètre cube de pierraille.

2. — Béton pour le radier et la base des piédroits, fait sur place ou constitué de blocs rapportés :

500 kilogrammes de ciment ;

1/2 mètre cube de poussier ;

1 mètre cube de pierraille.

3. — Béton pour la construction de l'aqueduc d'amenée :

180 kilogrammes de ciment ;

90 kilogrammes de chaux éminemment hydraulique éteinte et blutée ;

1/2 mètre cube de poussier ;

4^m.1 de pierraille.

4. — Bétons pour la construction des ponts siphons, des massifs de calage, tasseaux de support, etc. :

150 kilogrammes de ciment ;

50 kilogrammes de chaux éminemment hydraulique éteinte et blutée ;

1/2 mètre cube de poussier ;

1 mètre cube de pierraille.

5. — Béton pour la construction des piédroits et des voûtes des réservoirs : 300 kilogrammes de ciment ;

0^m.600 de sable ou de poussier ;

1 mètre cube de pierraille.

6. — Béton pour le radier et les fondations des réservoirs :

2 parties de mortier hydraulique ordinaire pour 3 parties de briquailles.

Tous ces bétons et mortiers se sont bien comportés.

Sans doute, ils se sont, comme toujours, plus ou moins fissurés, par suite du retrait inévitable. Mais ces fissures n'ont aucune importance

au point de vue de la stabilité des ouvrages, et lorsqu'il s'agit — comme dans le cas actuel — de constructions placées sous terre, le retrait est faible, de courte durée; au bout d'une année le béton ne bouge plus et en le recouvrant alors d'un bon enduit, on obtient un ouvrage aussi solide et aussi étanche que s'il était construit en briques choisies des localités.

Par contre, lorsque les constructions sont exposées à l'air, c'est une erreur de les construire en béton, non pas que leur stabilité ne puisse être assurée au même prix qu'en tous autres matériaux, mais alors les fissures s'agrandissent par suite des variations de la température et du degré hydrométrique de l'air, et l'aspect de l'ouvrage laisse à désirer.

On a construit en béton deux ponts de 12 mètres d'ouverture surbaissés, sur le Bocq, une voûte de même portée et quelques têtes de siphons, pendant l'été 1897, alors que nous avons abandonné momentanément la direction des travaux de la Société intercommunale, pour accomplir une mission en Chine.

L'emploi exclusif du béton dans les radiers et les piédroits des réservoirs, de même que dans tous les ouvrages qui doivent être étanches sous une pression d'eau de quelque importance, n'est pas non plus à conseiller. Il est, en effet, difficile et coûteux d'établir un béton *étanche* et de le conserver tel, sauf sous de faibles dimensions et sous des pressions d'eau inférieures à 1^m.50.

Voici, à cet égard, une expérience intéressante :

Le radier du réservoir de Schaerbeek est établi sur une couche d'argile compacte et formé de béton sous une épaisseur de 0^m.20. Les piédroits à l'intérieur du réservoir sont également construits en béton et lissés au mortier de ciment Portland; le radier est recouvert d'un enduit au même ciment, de 0^m.015 d'épaisseur.

Aussi longtemps que la hauteur d'eau dans le réservoir ne dépassa pas 1^m.50, l'étanchéité parut complète.

Mais dès que cette hauteur fut portée à 3 et 4 mètres, l'eau se perdit par les piédroits et par le radier.

Pour obtenir l'étanchéité, il faudra probablement recouvrir le radier et les piliers d'une maçonnerie en briques de Boom, d'environ 0^m.10 d'épaisseur, recouverte elle-même d'un bon enduit; mais avant de recourir à ce moyen un peu coûteux, la Compagnie intercommunale essaie d'obtenir l'étanchéité en fermant les fissures avec des bandes en caoutchouc recouvertes d'un bon enduit au ciment, comme on l'a fait généralement à Paris dans des cas semblables.

Nous sommes convaincu qu'en augmentant l'épaisseur du béton formant le radier (qui n'est que de 0^m.20) on n'aurait pas obtenu l'étan-

chéité, pas plus qu'on ne l'a obtenue dans les piliers, qui ont 0^m.80 d'épaisseur et sont contruits de même en béton riche. (*Voir les compositions indiquées précédemment.*)

La maçonnerie en matériaux compacts, au bon mortier, complétée par un enduit au ciment, peut, au contraire, assurer l'étanchéité selon les exigences de la pratique, parce que, contrairement au béton, elle ne se fissure pas par le retrait.

Si les parties de l'aqueduc d'amenée construites en béton sont étanches, c'est grâce à leurs faibles dimensions transversales qui ne permettent guère le retrait, et grâce aux enduits.

D'ailleurs la belle résistance des mortiers et bétons sur les travaux de dérivation des sources du Bocq, malgré leur dosage généralement faible en matières agglomérantes, doit, pour une bonne part, être attribuée à l'emploi presque général de poussier au lieu de sable et à l'excellente qualité des ciments de laitier.

Supériorité des poussiers sur les sables. — Les expériences nombreuses faites au banc d'épreuves de l'État, à Malines, et au laboratoire d'essais de la Compagnie intercommunale, ont démontré que le poussier provenant du broyage des pierres de calcaire ou de grès, donnait au mortier une résistance presque double de celle des mortiers de même dosage où l'on employait les meilleurs sables, notamment le sable normal du Rhin.

Les cinq procès-verbaux ci-après sont absolument concluants à cet égard.

MINISTÈRE DES CHEMINS DE FER
POSTES ET TÉLÉGRAPHES

TABLEAU N° 1.

Banc d'épreuves de l'État
(SERVICE DES ESSAIS)

Procès-verbal de l'essai de quatre échantillons de sable, effectué à la demande de la Compagnie intercommunale des Eaux de l'agglomération bruxelloise, rue du Méridien, n° 3, à Bruxelles.

| NUMÉRO D'ORDRE. | Résistance à l'écrasement par centimètre carré de briquettes de 50 centimètres carrés de section, après 1 + 6 jours et formées de 1 partie de ciment de laitier et de 3 parties de sable. (Sable argileux des environs de Spontin.) | | | |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| | Échantillon de sable marqué A ⁱ . | Échantillon de sable marqué B ⁱ . | Échantillon de sable marqué C ⁱ . | Échantillon de sable marqué D ⁱ . |
| 1 | 58.0 kil. | 50.0 kil. | 15.0 kil. | 54.0 kil. |
| 2 | 58.0 | 55.5 | 12.5 | 57.0 |
| 3 | 56.5 | 40.0 | 12.5 | 54.0 |
| 4 | 41.0 | 28.0 | 12.5 | 41.0 |
| 5 | 58.0 | 52.0 | 15.0 | 52.0 |
| Moyennes. | 58.5 kil. | 52.7 kil. | 12.7 kil. | 53.6 kil. |

Malines, le 22 juin 1894.

Le Chef des Essais,
(S) EM. ROUSSEL.

MINISTÈRE DES CHEMINS DE FER
POSTES ET TÉLÉGRAPHES

TABLEAU N° 2.

Banc d'épreuves de l'État
(SERVICE DES ESSAIS)

Procès-verbal de l'essai d'un échantillon de grès moulu effectué à la demande de la Compagnie intercommunale des Eaux de l'agglomération bruxelloise, rue du Méridien, n° 3, à Bruxelles.

| NUMÉRO D'ORDRE. | Résistance à l'écrasement par centimètre carré de briquettes ayant 50 centimètres carrés de section et formées de 1 partie de ciment et de 3 parties de grès moulu. | | | |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| | Briquettes formées de 1 partie de ciment de laitier et de 3 parties de grès moulu. (Poussier fin d'Yvoir.) | | Briquettes formées de 1 partie de ciment Portland et de 3 parties de grès moulu. (Poussier fin d'Yvoir.) | |
| | Essais après 1+6 jours. | Essais après 1+27 jours. | Essais après 1+6 jours. | Essais après 1+27 jours. |
| 1 | 106 Kil. | 153 Kil. | 105 Kil. | 142 Kil. |
| 2 | 105 — | 140 — | 101 — | 145 — |
| Moyennes | 104.5 kil. | 147.5 kil. | 102 kil. | 145.5 kil. |

Malines, le 3 août 1894.

Le Chef des Essais,
(S.) EM. ROUSSEL.

MINISTÈRE DES CHEMINS DE FER
POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

TABLEAU N° 3.

Banc d'épreuves de l'État
(SERVICE DES ESSAIS)

Procès-verbal de l'essai de 2 échantillons de pierre broyée, effectué à la demande de la Compagnie intercommunale des Eaux de l'agglomération bruxelloise, rue du Méridien, n° 5, à Bruxelles.

| NUMÉRO D'ORDRE. | Résistance à l'écrasement par centimètre carré de briquettes de 50 centimètres carrés de section et formées de 1 partie de ciment de laitier et de 3 parties de pierre broyée. | | | |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| | Échantillon de pierre broyée marqué G' (Grès broyé assez gros.) | | Échantillon de pierre broyée marqué F' (Calcaire broyé assez gros.) | |
| | Essais après 1+6 jours. | Essais après 1+27 jours | Essais après 1+6 jours. | Essais après 1+27 jours |
| | 1 | 206 Kil. | 231 Kil. | 206 Kil. |
| 2 | 210 — | 209 — | 200 — | 232 — |
| 3 | 190 — | 223 — | 200 — | 210 — |
| Moyennes . . | 202 kil | 221.07 kil | 202 kil. | 234 kil. |

Malines, le 29 août 1894.

Le Chef des Essais,
(S.) EM. ROUSSEL.

MINISTÈRE DES CHEMINS DE FER
POSTES ET TÉLÉGRAPHES

TABLEAU N° 4.

Banc d'épreuves de l'État

Essai à l'écrasement de deux échantillons de ciment envoyés par la Société anonyme des Ciments de Haren, marqués IE 1 et IE 2, effectué à la demande de la Compagnie intercommunale des Eaux de l'agglomération bruxelloise, rue du Méridien, n° 5, à Bruxelles.

| QUANTITÉ D'EAU employée pour la fabrication DES BRIQUETTES. | N° d'ordre. | Résistance par centimètre carré de briquettes de 50 centimètres carrés de section après 1+6 jours. | | OBSERVATION. |
|-------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------|
| | | Échantillon IE 1 | Échantillon IE 2 | |
| | | 8.5 parties d'eau pour 100 parties de mélange formé de 1 partie de ciment et de 3 parties de sable normal pour les 2 échantillons. | 1 | |
| | 2 | 102 — | 120 — | |
| | 3 | 115 — | 100 — | |
| | 4 | 120 — | 102 — | |
| | 5 | 107 — | 95 — | |
| Moyennes : | | 115.8 kil. | 110.4 kil. | |

Malines, le 21 juin 1898.

Le Chef des Essais,
(S.) EM. ROUSSEL.

BANC D'ÉPREUVES DE L'ÉTAT

Essai de deux échantillons de ciment envoyés par la Société anonyme des Ciments intercommunale des Eaux de l'agglomération

| QUANTITÉ D'EAU employée pour la FABRICATION DES BRIQUETTES. | NUMÉRO D'ORDRE. | Résistance à l'arrachement par centimètre carré de briquettes de 5 centimètres carrés de section. | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------|------|--------------------------|------|---------------------------|------|
| | | ÉCHANTILLON I E 1. | | | | ÉCHANTILLON I E 2. | | | |
| | | Ciment pur | | Ciment mélangé | | Ciment pur | | Ciment mélangé | |
| | | après 1 + 6 jours. | | après 1 + 27 jours. | | après 1 + 6 jours. | | après 1 + 27 jours. | |
| | | Kil. | Kil. | Kil. | Kil. | Kil. | Kil. | Kil. | Kil. |
| 29 parties d'eau pour 100 parties de ciment pur et 8.5 parties d'eau pour 100 parties du mélange formé de 1 partie de ciment et de 5 parties de sable normal pour les 2 échantillons. | 1 | 29.5 | 40.0 | 12.0 | 19.5 | 20.0 | 33.0 | 9.0 | 17.5 |
| | 2 | 50.5 | 40.0 | 10.5 | 18.0 | 20.0 | 31.0 | 9.5 | 19.0 |
| | 3 | 50.5 | 44.0 | 12.5 | 18.0 | 21.0 | 33.0 | 10.0 | 17.5 |
| | 4 | 27.5 | 39.5 | 11.0 | 17.5 | 22.5 | 35.5 | 9.5 | 18.0 |
| | 5 | 32.5 | 37.5 | 11.5 | 19.5 | 20.0 | 32.0 | 10.0 | 20.0 |
| | Moyennes | 50.1 | 40.2 | 11.5 | 18.5 | 20.7 | 32.9 | 9.6 | 18.4 |

Procès-verbal d'épreuves.

Portland de Haeren et marqués IE1 et IE2 (*), effectué à la demande de la Compagnie bruxelloise, rue du Méridien, n° 5, à Bruxelles.

| RÉSISTANCE À L'ÉCRASEMENT par centimètre carré de briquettes de 5 centi- mètres carrés de section. | Composition chimique. | | | | Durée de la prise. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|---------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | ÉCHANTILLON I E 1. | | ÉCHANTILLON I E 2. | | |
| | Ciment mélangé | | Ciment mélangé | | |
| | après 1 + 6 jours. | | après 1 + 27 jours. | | |
| | Kil. | Kil. | Kil. | Kil. | |
| | 125.0 | 196.0 | 135.0 | 160.0 | Commencement de la prise: 1 h. 20 après le gâchage. Durée de la prise: 5 h. 15'. |
| | 102.0 | 170.0 | 120.0 | 190.0 | ÉCHANTILLON I E 2. |
| | 115.0 | 204.0 | 100.0 | 185.0 | Commencement de la prise: 1 h. 50 après le gâchage. Durée de la prise: 5 h. 10'. |
| | 120.0 | 172.0 | 102.0 | 199.0 | Densité. |
| | 107.0 | 195.0 | 95.0 | 182.0 | ÉCHANTILLON I E 1 . . . 2.77 I E 2 . . . 2.84 |
| | 115.8 | 187.4 | 110.4 | 185.2 | Essais de stabilité. |
| | Total 100.00 p. c. | | | | Une galette de ces ciments maintenue pendant six heures dans l'eau bouillante, s'est bien comportée. |

(*). Ce sont des ciments de laitier.

Malines, le 12 juillet 1895.

Le chef des Essais,
(S.) EM. ROUSSEL.

Les tableaux nos 2 et 3 font ressortir l'heureuse influence du poussier. Nous estimons que l'augmentation de résistance constatée provient de l'irrégularité des grains de pierres broyées, de leur forme esquilleuse, de leur énorme surface relative, toutes circonstances propres à augmenter considérablement l'adhérence du ciment et de la chaux.

Nous avons été amené par des considérations à la fois économiques et techniques à permettre l'emploi de poussier au lieu de sable. En effet, les sables de la province de Namur sont généralement très fins et très argileux; ils ne conviennent pas dans les mortiers de ciment. Le tableau n° 4 ci-dessus le prouve suffisamment.

Le sable de Mont-Saint-Guibert ou de la Campine rendu à pied-d'œuvre aurait coûté fort cher.

Or, on devait, pour l'établissement des aqueducs de captage et d'amenée, déblayer des masses de calcaire et de grès.

En construisant en béton, on pouvait employer ces déblais sous forme de pierraille et de poussier. Ainsi l'on obtenait des ouvrages très économiques.

La fabrication de la pierraille et du poussier se faisait très simplement dans des concasseurs en fonte, activés par locomobile. On devait malheureusement remplacer assez souvent les mâchoires en fonte durcie du concasseur.

Grosueur des grains. — La grosueur du poussier était réglée par le passage à travers un tamis à mailles carrées de 5 millimètres de côté.

Des expériences ont démontré que la résistance des mortiers et bétons croît avec la grosueur des grains de sable, le tableau n° 3 ci-dessus en est une preuve; mais pour faire un mortier suffisamment onctueux, il est nécessaire de ne pas dépasser la grosueur déterminée par le tamis ci-dessus indiqué; il est même préférable de réduire la grosueur des grains en adoptant le tamis à mailles de 4 millimètres pour les grosses maçonneries et de 2 millimètres pour les mortiers fins, enduits, etc.

La pierraille ainsi fabriquée revenait à environ 5 francs le mètre cube à pied d'œuvre et le poussier à 6 francs.

Les bonnes briques des localités auraient coûté environ 25 francs le mille et le sable de Mont-Saint-Guibert 7 francs le mètre cube.

L'emploi du béton permettait en outre de réduire l'épaisseur des maçonneries.

Ainsi, tandis que la paroi normale de l'aqueduc en maçonnerie de briques mesure 20 centimètres d'épaisseur, la même paroi en béton ne mesure que 16 centimètres. La réduction d'épaisseur est, en général, de un cinquième.

Il y a donc économie sur le cube comme sur les matériaux. Le béton, par contre, nécessite l'emploi de coffrages, mais c'est une petite dépense qui est bien compensée par l'avancement beaucoup plus rapide de la construction.

Mortiers de ciment et de chaux. — On remarquera que dès 1893, nous avons prescrit l'emploi simultané du ciment et de la chaux dans les mortiers; on a longtemps soutenu que ce mélange était inadmissible; c'est là une légende qu'il importe de faire disparaître.

Les nombreuses applications faites depuis six ans de mortiers de chaux et de ciment, nous donnent la conviction que ces deux éléments s'harmonisent complètement, et qu'il faut les employer simultanément si l'on veut avoir un mortier à la fois hydraulique, résistant et suffisamment onctueux pour permettre au maçon de faire aisément un bon travail.

Avantages des ciments de laitier. — C'est encore une erreur de croire que les seuls bons ciments soient les ciments Portland artificiels, c'est-à-dire les ciments provenant de la cuisson de mélanges de carbonates de chaux (craie) et d'argile.

Avec un peu trop de hardiesse peut-être pour l'époque (1893), mais voulant réduire par tous les moyens les dépenses considérables que les communes de l'agglomération bruxelloise s'imposaient pour obtenir de grandes quantités d'eau potable, nous rédigeâmes le premier cahier des charges relatif aux travaux, celui de la conduite d'amenée, de telle manière que les ciments de laitier et de chaux pussent venir en concurrence avec les ciments Portland artificiels.

Les mêmes conditions de résistance à la traction et à la compression, à l'eau bouillante, à la vapeur, la même finesse de mouture, les mêmes conditions de prise, furent prescrites pour tous les ciments.

La densité de 3.10 ne fut pas imposée, comme on le fait généralement; c'eût été rejeter du coup les ciments Portland de laitier, dont la densité n'est que de 2^m.80 environ.

Le mortier normal (1 ciment en poids pour 3 de sable normal) confectionné en briquettes de cinq centimètres carrés de section, à l'aide du pilonneur de Böhmer, devait résister, après un jour d'exposition à l'air suivi de six jours d'immersion dans l'eau douce, à une traction de 11 kilogrammes par centimètre carré; après vingt-sept jours d'immersion, dans les mêmes conditions, le mortier normal devait supporter une compression de 170 kilogrammes et une traction de dix-sept kilogrammes par centimètre carré.

Pour les briquettes de ciment pur, fabriquées comme celles de mortier normal, la résistance devait être de 25 kilogrammes par centimètre carré après six jours d'immersion suivant un jour d'exposition à l'air, et de 35 kilogrammes après vingt-huit jours. Il fut reconnu par la suite que cette condition était surannée et absolument inutile ; elle n'ajoute rien à la qualité du ciment, et d'ailleurs le ciment ne s'emploie jamais pur ; c'est le mélange de ciment et de sable qui doit présenter la résistance voulue.

Quoi qu'il en soit, les ciments de laitier de Haeren, les seuls à peu près qui furent employés sur les travaux du Bocq, réunirent toutes les conditions prescrites ; cela fut constaté des milliers de fois par l'agent réceptionnaire installé à l'usine. *Plus de 27,000 tonnes de ciment de laitier furent employées dans toutes les circonstances*, en mortier pour maçonnerie ou pour les enduits, ou pour les bétons, à l'air, sous terre ou sous eau, combiné ou non avec de la chaux en poudre ; partout la réussite fut complète. Toutefois, les enduits à l'air se fendillèrent, mais les enduits faits dans les mêmes conditions avec du ciment Portland artificiel se fendillèrent également.

On sait d'ailleurs que les enduits et les bétons des travaux du Maelbeek exécutés à l'air libre, près du gazomètre de la ville de Bruxelles, avec des graviers et des sables du Rhin et du ciment Portland artificiel, sont fortement fendillés.

Il en est généralement ainsi, quel que soit le ciment employé ; pour notre part, nous ne connaissons d'enduit vraiment beau et bon que celui que des ouvriers spécialistes exécutent dans les Ardennes françaises et belges, au prix de fr. 4-50 par mètre carré. Ces enduits, d'un beau gris rosé, sont composés de sable du Rhin ou de laitier granulé et de ciment à prise rapide de Vassy.

Au point de vue pratique, le ciment Portland artificiel ne diffère du ciment de laitier qu'en ce qu'il durcit un peu plus vite ; dans presque tous les cas, cela n'a point d'importance.

Par contre, le ciment de laitier a sur le Portland artificiel les avantages suivants :

- 1° Il coûte environ 10 francs de moins à la tonne ;
- 2° Il est plus léger (poids spécifique : 2.80 au lieu de 3.10), de sorte que, pour un même poids, il donne un plus gros volume de matière agglomérante utile ;
- 3° Il peut être employé immédiatement, il est inutile de le mettre en magasin pendant trois mois.

L'économie à réaliser sur de grands travaux par l'emploi du ciment de laitier est énorme. En introduisant ce produit dans les travaux du

Bocq, nous avons certainement fait économiser plus de 300,000 francs à la Société intercommunale des Eaux.

La fabrique de Haeren n'est d'ailleurs pas la seule à pouvoir fournir d'excellents ciments de laitier ; la Société John Cockerill, à Seraing, en fabrique également ; les essais pratiques de ces ciments nous ont également donné toute satisfaction.

Après avoir signalé la supériorité des poussières de pierre broyée aux meilleurs sables de carrière et les résultats excellents obtenus, sur une vaste échelle, avec les ciments de laitier, nous ne pouvons terminer ce chapitre sans appeler l'attention des ingénieurs et des constructeurs sur l'exagération de certains dosages.

Nous avons vu imposer pour l'exécution de maçonneries à l'abri des eaux et des intempéries et soumises à de faibles compressions, des mortiers composés de 500 kilogrammes de ciment Portland artificiel pour 1^m.⁵ de sable de tout premier choix.

Or, les mortiers composés de 350 kilogrammes de ciment de laitier pour 1 mètre cube de bon sable ou de poussier ont parfaitement suffi sur les travaux du Bocq. Ces mortiers présentent une résistance à l'écrasement de plus de cent kilogrammes par centimètre carré après 7 jours ; il est rare qu'une résistance plus élevée soit nécessaire ; on peut en conclure que le dosage de 500 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable est excessif dans les maçonneries ordinaires, à moins que le sable ne soit de mauvaise qualité, et, en ce cas, il vaut mieux ne pas l'employer que de chercher à le corriger par un excès de ciment.

En général, les sables contenant plus de 15 p. c. de matières argileuses devront être écartés, de même que les sables très fins, lorsqu'on voudra obtenir des mortiers très résistants.

Le procès-verbal ci-après d'essai de mortiers composés de 1 kilogramme de ciment pour 3 litres de poussier, ou 350 kilogrammes de ciment pour 1 mètre cube de bon sable, démontre que ce dosage est suffisant pour les cas ordinaires.

Banc d'Épreuves de l'État.

Essais à l'écrasement d' échantillons de mortier et
bétons
effectués à la demande de la Compagnie intercommunale des Eaux de
l'agglomération bruxelloise, rue du Méridien, n° 3, à Bruxelles.

| NUMÉRO D'ORDRE. | COMPOSITION DES MORTIERS. | | | | COMPOSITION DU BÉTON. | |
|-----------------|--------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| | 1 kil. ciment Haeren. 5 lit. poussier d'Yvoir | | 1k.500 ciment Haeren. 0k.750 chaux. 5 lit poussier d'Yvoir. | | 1k.500 ciment Haeren. 0k.750 chaux. 5 lit. poussier d'Yvoir. 10 lit. pierraille. | |
| | RÉSISTANCE APRÈS : | | RÉSISTANCE APRÈS : | | RÉSISTANCE APRÈS : | |
| | 1 + 6 jours. | 1 + 27 jours. | 1 + 6 jours | 1 + 27 jours. | 1 + 6 jours | 1 + 27 jours. |
| 1 | 140.0 kil. | 160.0 kil. | 65.0 kil. | 84.0 kil. | 59.0 kil. | 76 0 kil. |
| 2 | 157.0 | 157.0 | 52.0 | 85.0 | 55.5 | 75.0 |
| 3 | 122.0 | » — | 61.0 | » — | 65 0 | 73.0 |
| 4 | » — | » — | » — | » — | 57.0 | 90.0 |
| Moyennes . | 153.0 kil. | 158.5 kil. | 58.66 kil. | 85.5 kil. | 58.125 kil. | 78.5 kil. |

A Malines, le 23 août 1895.

Pr le Chef des Essais en congé,
Le Chimiste-adjoint délégué,

(S.) CAMERMAN.

L'introduction de la chaux dans le mortier de ciment diminue la résistance de celui-ci; mais il ne faut pas perdre de vue que l'on construit une infinité d'ouvrages dans de très bonnes conditions sans faire usage de ciment, rien qu'en employant des mortiers composés de volumes égaux de chaux et de sable, qui, dans les premiers temps, présentent assez peu de résistance à l'écrasement.

Le mortier, dont le fort dosage est signalé plus haut, contient plutôt un excès de ciment. Dans d'autres cas, c'est la quantité de chaux que l'on devra réduire; tout dépend de la nature de l'ouvrage; tantôt il faudra des mortiers onctueux, compacts, étanches, — et alors la chaux devra prédominer, — tantôt on recherchera surtout la résistance et un dosage riche en ciment s'imposera.

Mais, presque toujours, en étudiant bien la question, notamment la qualité et la grosseur du sable, on pourra éviter des gaspillages.

Et comme, en matière de travaux publics, les petites économies sur les unités matérielles doivent être multipliées par des nombres très grands, c'est par millions de francs que se chiffrera la somme épargnée.

Si les travaux de captage, d'adduction et de distribution des sources du Bocq n'ont entraîné qu'une dépense de 14 1/2 millions de francs, y compris le rachat à la ville de Bruxelles des conduites et des compteurs établis avant le 1^{er} janvier 1899 dans les communes-faubourgs, c'est grâce au choix judicieux des matériaux et mélanges plus encore qu'à l'heureuse combinaison financière qui a permis à la Compagnie intercommunale, créatrice de cette belle œuvre, de se procurer à très bon compte les fonds nécessaires.

Fait rare dans les annales de la construction, la Compagnie a pu réaliser entièrement son programme avec les ressources dont elle disposait et sans majoration sur nos prévisions. Ce résultat fait évidemment honneur au Conseil d'administration.

Bruxelles, février 1899.