

LE

# TUNNEL DE BRAINE-LE-COMTE

## ET LES SABLES BOULANTS

PAR

A. HANKAR-URBAN

Directeur-gérant des Carrières de Quenast.

---

### § 1. — Examen du projet van Ertborn.

Dans l'intéressant travail que M. O. van Ertborn a présenté, il y a peu de temps, à la Société sur *La suppression du tunnel de Braine-le-Comte et les sables boullants* (1), le savant hydrologue propose de supprimer ce tunnel et de le remplacer par une ligne latérale, à double voie, qui franchirait en tranchée, à la cote 95, la colline orientée Est-Ouest (cote maximum 111) que le tunnel traverse à la cote 89. (Voir fig. 2.)

Pour l'application de l'idée de M. van Ertborn, j'ai supposé la ligne nouvelle établie à l'Ouest de la ligne actuelle, dont elle serait écartée d'une centaine de mètres à hauteur du tunnel. On obtiendrait alors le tracé et le profil indiqués en traits interrompus (fig. 1 et 2).

Le choix du tracé, tel que je l'indique, est, en l'absence de données précises de l'auteur, qui n'a donné que le principe de son projet, tout à fait arbitraire de ma part, mais, à moins d'arriver à des courbes très prononcées, on n'a pas grande latitude pour l'emplacement de la nouvelle ligne.

En effet, si on la mettait à l'Est de l'ancienne, la traversée des sables boullants serait raccourcie à 4 ou 500 mètres (?), mais la courbe, déjà forte, existant avant l'entrée du tunnel serait encore accentuée.

---

(1) *Procès-verbaux*, t. XX, 1906, pp. 241 à 248.

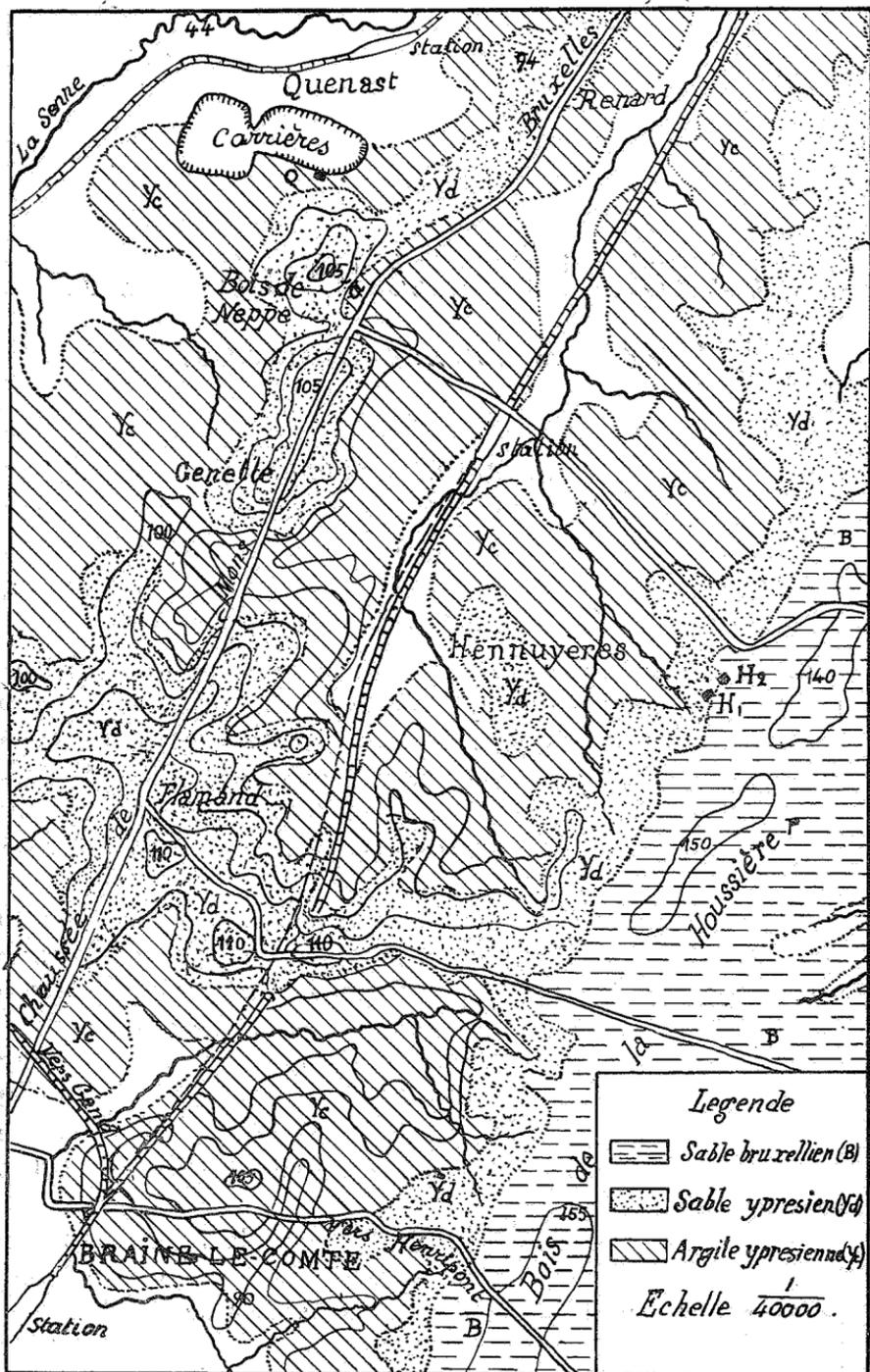


Fig. 1.

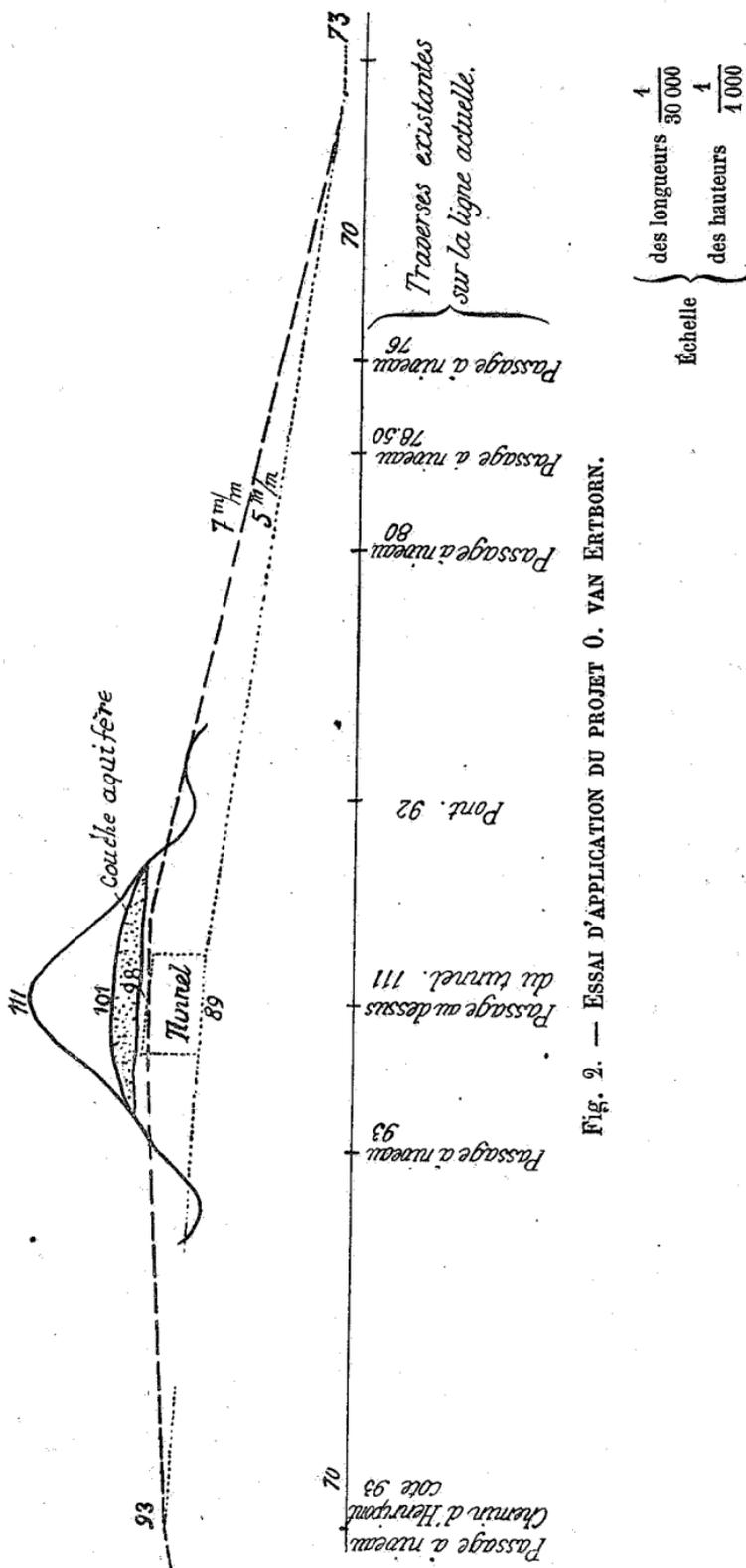


Fig. 2. — ESSAI D'APPLICATION DU PROJET O. VAN ERTBORN.

Le profil (fig 2) a été établi dans l'hypothèse du tracé à l'Ouest de la voie actuelle ; il indique les points correspondant à l'emplacement, sur la voie existante, des ponts, passages à niveau, etc., qui en permettent la traversée.

N'ayant pas eu en main le dossier officiel de la ligne actuelle, les cotes et le profil que j'indique pour cette voie ne sont qu'approximatifs. Néanmoins, on voit que la pente vers Hennuyères est augmentée d'environ 2 millimètres par mètre par le projet de M. van Ertborn.

La construction du détournement de ligne proposé par M. van Ertborn serait coûteuse ; on serait amené à acquérir, outre l'assiette de la voie, les parties de terrain qui seraient comprises entre l'ancienne et la nouvelle ligne, à moins d'en indemniser largement les propriétaires, ce qui reviendrait, du reste, à peu près au même. En outre, la construction de la ligne nouvelle à proximité de celle existante, dont le niveau est sensiblement différent et dont l'exploitation ne peut être entravée, soulève des problèmes assez délicats : il faudrait remanier la voirie aux abords de la ligne et créer des passages tout en maintenant provisoirement ceux qui existent sur la ligne actuelle ; il y aurait beaucoup d'intérêts lésés et de travaux à accomplir. La figure 2 indique les ouvrages d'art et les passages à niveau existant sur le railway actuel ainsi que leurs cotes approximatives. Le remaniement de tous ces chemins pour leur permettre de franchir la ligne entraînerait à de fortes dépenses, car les habitations, rares au-dessus du tunnel, sont, au contraire, nombreuses aux abords des traverses.

Mais ce sont là des questions de construction qui n'intéressent pas directement notre Société. Il en est autrement de la base hydrologique du projet de M. van Ertborn.

Celui-ci admet qu'un drainage *provisoire* du terrain, disparaissant à mesure de la mise à profondeur de la tranchée qui doit traverser les sables bouillants et l'argile sous-jacente, aura, en y mettant le temps voulu, produit un assèchement suffisamment complet et durable du terrain pour permettre de procéder à ces travaux.

D'après les renseignements qu'il a bien voulu me donner, M. van Ertborn se base sur les résultats obtenus par lui dans la région des briqueteries de l'Escaut et du Rupel qu'il a longtemps pratiquée et qu'il connaît si parfaitement. Ces résultats seraient confirmés par ceux obtenus par M. de Schryver aux travaux du port de Bruxelles. Dans les deux cas, les sables fins, — une fois asséchés par un pompage prolongé ou autrement, se maintiennent fort longtemps dans cet état.

Comme on le verra plus loin, ces constatations ne concordent pas

du tout avec celles que j'ai faites à Quenast, où l'on se trouve dans des conditions se rapprochant beaucoup de celles que l'on rencontre au tunnel de Braine-le-Comte. La différence tient probablement à ce que, dans les régions basses, peu mouvementées, où ont opéré MM. de Schryver et van Ertborn, la nappe aquifère est également d'allure peu ondulée. La circulation des eaux y est lente, un rabattement ne s'obtient dans la nappe que fort lentement et demande par contre beaucoup de temps pour s'effacer.

Lorsque, au contraire, il y a dans le voisinage, comme à Quenast et au tunnel, des collines élevées couvertes de sables rudes, la circulation de l'eau est plus intense et les mouvements de la nappe aquifère plus marqués.

Je crois donc que si l'on peut, en employant au tunnel le système de drainage proposé par M. van Ertborn, assécher très efficacement le terrain compris entre les deux lignes extérieures de sondages filtrants qu'il prévoit, cet asséchement ne s'étend guère à l'extérieur de cette zone et qu'il disparaîtra dans celle-ci aussitôt que l'on supprimera l'appareil de drainage.

Les travaux de creusement de la tranchée seront peut-être quelque peu facilités par le drainage provisoire, mais les résultats obtenus ne seront pas durables et il faudra, pour lutter contre les éboulements, suppléer au drainage supprimé par tous les moyens auxquels on doit avoir recours dans tant de grandes tranchées creusées dans de l'argile surmontée de sables aquifères.

Je suis convaincu que l'on ne pourra réaliser quelque chose de stable, dans le terrain du tunnel de Braine-le-Comte, que par un drainage *permanent*, exécuté à une distance assez grande des faces des tranchées, pour assécher et affermir sur une profondeur qui dépasse celle que pourraient atteindre les plus grands éboulements de fond.

C'est ce que j'ai dû faire aux carrières de Quenast, dans un terrain analogue. Comme c'est en employant le système de drainage que j'y ai appliqué que je propose d'assécher les terrains du tunnel, je vais d'abord exposer ce qui a été réalisé à Quenast.

## § II. — Système de drainage employé aux carrières de Quenast.

Les carrières à pavés de Quenast sont situées à 4 200 mètres au Nord du tunnel de Braine-le-Comte.

Comme l'indique la Carte géologique au 40 000<sup>e</sup>, dont la figure 1 est

un extrait, la roche que l'on y exploite — une porphyrite connue commercialement sous le nom de *porphyre de Quenast* — est recouverte par l'argile ypresienne et des dépôts quaternaires; vers l'extrémité Est des carrières seulement (point Q de la fig. 1), le sable ypresien s'intercale entre l'argile de même âge et des dépôts quaternaires (1). Ce sable, assez bien représenté sur le sommet de la crête, qui de la Genette (105) s'étend à peu près suivant la chaussée de Mons jusqu'à Stéhoux (85) par le Bois-de-Neppe (105) et le Renard (94), donne naissance à une nappe aquifère et, comme au tunnel et ailleurs, se montre très boulant lorsqu'il est mouillé.

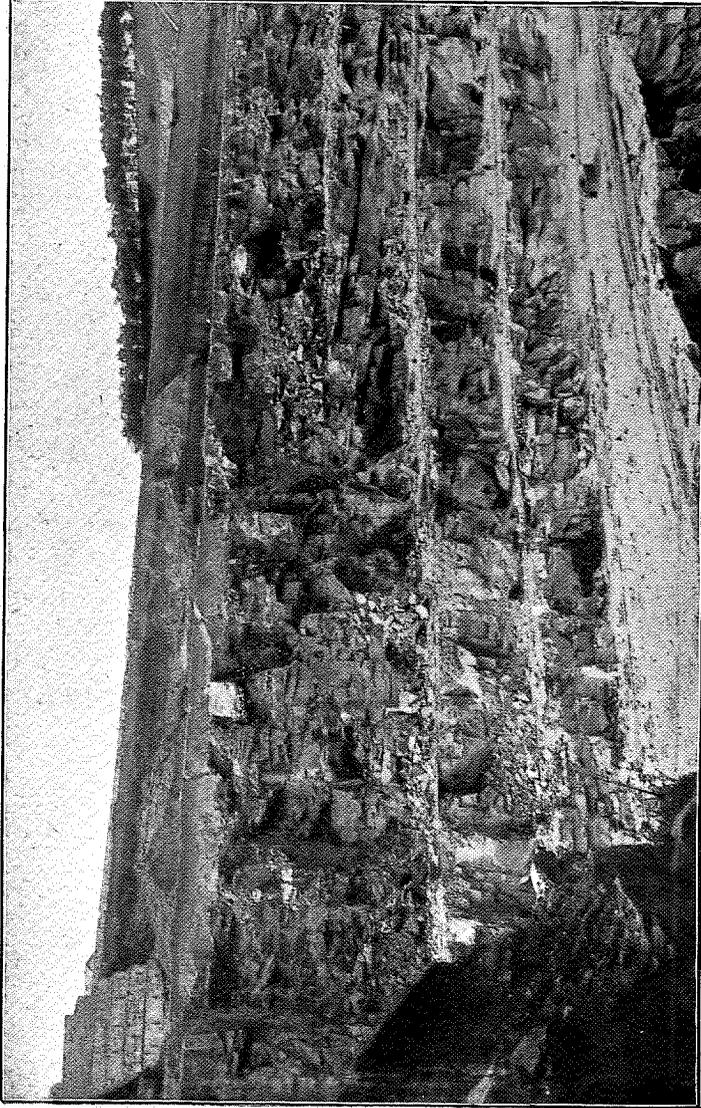
Au point Q des travaux de découverte des carrières, des éboulements très gênants, que montre la photographie hors texte ci-contre, se produisaient chaque fois que, par suite des progrès de l'avancement des travaux d'exploitation, on était obligé d'enlever une nouvelle bande des terres recouvrant le gisement de porphyre. Celles-ci sont constituées en majeure partie par les dépôts ypresiens que ravinent plus ou moins profondément les dépôts moséens; le tout est recouvert par le limon hesbayen. A l'Est du point Q, à gauche dans la figure 3, le ravinement est peu profond; le sable ypresien subsiste; à l'Ouest, à droite dans la figure 3, tout le sable et une partie (ou le tout) de l'argile ont été enlevés et remplacés par les sables moséens rudes à stratification entrecroisée avec épais gravier de silex à la base. La limite AB entre les deux parties représente la berge assez escarpée du fleuve moséen, auquel on doit les dépôts en question du côté Ouest.

Du côté Est, le Moséen est représenté par des glaises sur 1 mètre d'épaisseur moyenne, surmontées d'une couche de sables fins limoneux (probablement remaniés de l'Ypresien).

Ces sables fins quaternaires, comme les sables ypresiens, se montrent très aquifères et très boullants.

Ce sont les eaux provenant de ces deux nappes qui provoquaient les éboulements de la partie Est, tandis que les talus créés dans le sable moséen se maintenaient parfaitement bien. J'avais remarqué que ces éboulements ne s'étendaient jamais vers l'Ouest jusqu'à la limite AB de l'Ypresien et du Moséen, mais qu'ils s'arrêtaient en MN à une certaine distance de celle-ci, de sorte qu'il subsistait une partie du talus, MA, où le terrain, bien qu'il fût constitué par les couches ypresiennes, se maintenait cependant bien. La raison en était facile à trouver : le

(1) Le sable ypresien s'avance en cet endroit un peu plus vers le Nord que ne l'indique la Carte géologique au 40 000<sup>e</sup>.



PHOTOGRAPHIE DES CARRIÈRES DE QUENAST MONTRANT UN ÉROULEMENT DES SABLES YPÉSIENS.

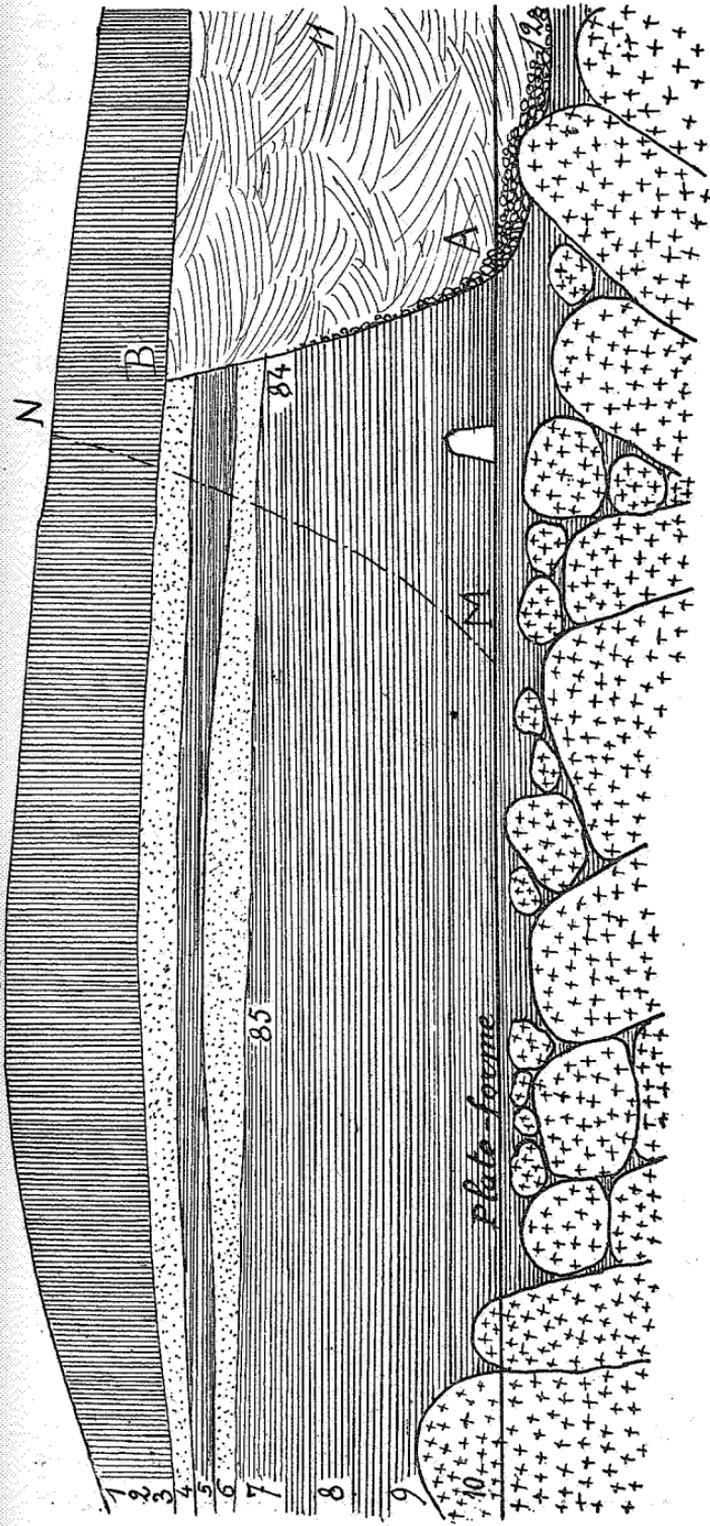


Fig. 3. — Coupe (au point Q de la fig. 1) des carrières de Quenast.

- Heshayen.**
- 1. Terre à briques.
  - 2. Limon jaune.
  - 3. Limon gris.

- Moséen.**
- 4. Sables fins limoneux.
  - 5. Glaises jaunes.
  - 11. Sables rudes.
  - 12. Gravier.

- Ypresien.**
- 6. Sable fin velouté.
  - 7. Argile jaune compacte.
  - 8. Alternances d'argile gris-bleu plastique et fendillée et d'argile gris-bleu légèrement sableuse.
  - 9. Porphyrite.

52

sable rude, moséen, constituait un drain qui asséchait suffisamment les sables fins voisins pour que ceux-ci cessassent d'être bouillants. La nature donnait ainsi elle-même la preuve qu'il suffit d'assécher convenablement le sable ypresien pour lui enlever son caractère dangereusement bouillant qui a déjà causé tant d'accidents, aux environs de Bruxelles notamment.

C'est cette constatation que j'ai mise à profit pour faire cesser les éboulements qui se produisaient à Quenast en procédant au drainage des deux nappes aquifères qui en étaient la cause initiale.

J'ai employé à cet effet des *sondages filtrants* d'un type spécial qui débouchent dans une galerie creusée au niveau de la plate-forme des travaux de découverte. L'action de ces sondages était complétée par celle de *drains* placés de bas en haut par l'intérieur de la galerie.

La galerie ne présente pas d'intérêt particulier; elle est d'un type de galerie de mine assez employé dans certains charbonnages de notre pays.

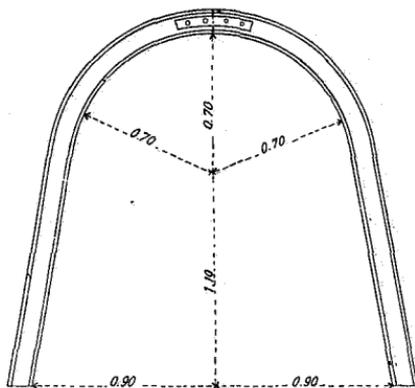


Fig. 4.

Poids par cadre . . . . .	68 <sup>k</sup> 250	
— deux éclisses . . . . .	5.580	
— quatre boulons. . . . .	1.600	
		75 <sup>k</sup> 430
Vingt lambourdes en fer . . . . .	42.000	
Tôles d'acier, 4 <sup>m</sup> 255. . . . .	90.000	
		207 <sup>k</sup> 430

I de 101 × 76<sup>mm</sup> à 15 kil. par m.

Éclisses de 65 × 15<sup>mm</sup>.

Boulons de 18<sup>mm</sup>.

La carcasse est constituée par deux demi-cadres (fig. 4) du type de la Providence, de Marchienne, éclissés à la partie supérieure et suppor-

tés par des bouts de billes, maintenus à l'écartement de 90 centimètres par des lambourdes carrées en fer de 15 millimètres, recourbées aux extrémités, qui empêchent les cadres de s'écarter, tandis que des rondins de bois, forcés entre deux cadres successifs, les empêchent de se rapprocher.

Des tôles glissées entre le terrain et le lambourrage qui les soutient constituent la paroi extérieure de la galerie. Des pierrailles bourrées entre les tôles et les parois de la fouille calent les tôles et ferment les vides de façon à prévenir les tassements; elles servent aussi à donner aux eaux d'infiltration accidentelle un chemin vers le bas de la galerie, où on les recueille par un drain ordinaire constitué au moyen de tuyaux de terre cuite noyés dans un lit de ballast de porphyre.

L'assèchement ne pouvant être obtenu que par un grand nombre de drains ou de sondages filtrants très rapprochés les uns des autres, il fallait trouver pour les uns et les autres un type peu coûteux comme valeur du matériel immobilisé et comme main-d'œuvre d'installation. Voici comment j'ai réalisé ce desideratum :

Pour établir un *sondage filtrant*, de préférence *avant* la construction de la galerie, on fait, par les procédés habituels, un forage de 0<sup>m</sup>30 de diamètre jusqu'à ce que l'on ait dépassé la dernière couche aquifère de 75 centimètres à 1 mètre. Au fond et au centre de ce forage tubé, on fait dans l'argile, sans tubage cette fois, et au moyen de la sonde à main du modèle courant du Service géologique, un trou de sonde de 5 centimètres de diamètre (en employant un tuyau-guide si la profondeur du premier forage est trop grande pour que l'on puisse, sans cette aide, bien guider la sonde à chaque descente) et on pousse ce sondage jusqu'à 50 à 50 centimètres au-dessous du niveau que viendra occuper le dessus de la galerie ou, si celle-ci est déjà construite, jusqu'à ce que la sonde ait pénétré au delà du revêtement en tôle que l'on trouve ou que l'on déplace en conséquence.

Dans ce trou de sonde, on descend un appareil constitué comme suit :

Un tuyau à gaz de 55 millimètres de diamètre extérieur et d'une longueur égale à celle du trou de sonde de 5 centimètres; ce tuyau est fermé provisoirement à sa partie inférieure par un bouchon oblong, qui facilite la descente. Il porte à sa partie supérieure un manchon ordinaire sur lequel est soudée une crépine de 1<sup>m</sup>25 de longueur, formée d'une tôle de cuivre perforée de trous de 3 millimètres, enroulée et soudée en un tuyau de 55 millimètres de diamètre. Ce tube

perforé est recouvert d'un double enroulement de toile métallique en laiton à deux cents mailles par centimètre carré fixée par des ligatures (1); il est fermé à sa partie supérieure, qui porte également un manchon.

Le placement se fait de la surface en vissant légèrement sur ce dernier manchon une tige ou un tuyau à gaz, que l'on dévisse une fois l'appareil en place. Parfois, ce tuyau à gaz était laissé en place sur la crépine, qui, dans ce cas, n'était pas fermé, et cela, afin de faire contribuer tout l'appareil à l'aéragé de la galerie. Il servirait aussi, le cas échéant, à retirer celui-ci de terre en cas de besoin. On bourre l'argile autour du tuyau de raccord, on remplit le forage tubé de fine grenaille de porphyre concassé (n° 6 des carrières de Quenast), mélange de grains ayant de  $\frac{1}{2}$  à 2 millimètres, jusqu'à environ 1 ou 2 mètres du sol; on retire le tubage de 50 centimètres et l'on termine en remplissant le haut du sondage d'argile compacte bien tassée pour éviter les infiltrations venant de la surface.

La colonne de grenaille restant dans le sol constitue un drain efficace dont les eaux sont recueillies par la crépine. On doit avoir soin de bourrer, par la galerie, l'argile du toit à la partie inférieure du tube de raccord contre celui-ci, afin de faire un petit serrement qui empêche l'écoulement des eaux du sondage filtrant par le jeu annulaire qui existe au début entre le tube de raccord et les parois du trou de sonde. Le foisonnement de l'argile fait du reste que celle-ci se resserre d'elle-même contre le tube au bout de quelques jours.

Le sondage est prêt à fonctionner : lorsque la galerie y arrive, que tout est en ordre pour recevoir les eaux, on débouche le tuyau peu à peu, pour ne pas provoquer un rabattement trop rapide de la nappe aquifère, qui pourrait produire l'entraînement du sable fin.

L'établissement des sondages filtrants, avec leur raccord, *avant* la construction de la galerie présente l'avantage de faire connaître d'une manière précise et détaillée la constitution du sous-sol dans la partie intéressant le travail et de permettre de modifier en conséquence, le cas échéant, les dispositions prévues notamment en ce qui concerne le type de la galerie, sa pente, son niveau, etc.

---

(1) On peut éviter l'emploi de cette toile métallique, exposée à se détruire par le temps, en entourant le tube perforé d'une couche annulaire de gravier plus gros de 2 à 5 millimètres, par exemple de grenaille n° 3 des carrières de Quenast, mais la main-d'œuvre est alors un peu plus délicate et compliquée.

En donnant au tuyau de raccord une longueur suffisante (1), on se réserve une certaine latitude pour placer la galerie à la hauteur qui convient le mieux.

Dans le cas, trop fréquent, où les études préalables ont été faites d'une façon sommaire ou inspirent peu de confiance, cet avantage n'est pas négligeable : on a vu souvent, même dans des travaux publics, des galeries commencées trop haut et dont la construction était rendue extrêmement difficile, parce que la nappe aquifère était trop rapprochée de la voûte.

Cela se présente, soit qu'il y ait eu erreur dans l'appréciation des résultats des sondages préalables, soit que ceux-ci, trop éloignés les uns des autres, n'aient pas révélé l'existence de dénivellation des couches, de failles en escalier, de linéoles de sables dans l'argile, etc.

Les drains se font de la galerie vers la nappe aquifère : on fore dans l'argile un trou de sonde de 5 centimètres vers le haut jusqu'à ce que l'on pénètre aussi haut que possible dans la nappe. On force ensuite dans le trou de sonde un drain qui n'est autre chose que le tuyau-crépine avec son tuyau de raccord décrits ci-dessus. Les seules différences sont que le bouchon oblong est placé à la partie supérieure au lieu du bas et que, en raison de la hauteur limitée de la galerie, le tuyau de raccord qui sert à pousser la crépine en place est composé de plusieurs pièces raccordées par des manchons ordinaires que l'on monte successivement. On bourre l'argile au-dessus de la voûte de la galerie pour faire un petit serrement. L'emploi combiné de la tôle perforée et de la toile métallique suffit à empêcher l'arrivée du sable fin dans la galerie, ce qui se produit souvent quand on emploie de simples tubes perforés.

Ce double système de drainage par sondages filtrants de haut en bas et de bas en haut a été, en principe, appliqué à Quenast de la façon suivante :

La galerie pénètre entre les points *M* et *A* dans l'argile jusqu'à une cinquantaine de mètres de profondeur, puis tourne à gauche, plus ou moins parallèlement au front des travaux de découverte, de façon à venir recouper la partie sujette à éboulements.

Des sondages de 30 centimètres étaient forés de 5 en 5 mètres,

---

(1) Si l'on a soin de terminer le tuyau de raccord par des sections réunies par des manchons, on évite de devoir le recouper.

entre lesquels on plaçait deux drains de 4 centimètres (1). Les eaux sont reçues dans une gouttière.

La galerie et les sondages intéressent une partie de terrain d'environ 150 mètres de longueur, mais les eaux sont fournies plus abondamment par la moitié à l'Ouest. (Voir le tableau n° 1.)

Vers l'Est, par suite de la diminution de l'épaisseur des deux couches aquifères, les venues d'eau étaient toujours moins importantes, et comme, du reste, la roche porphyrique remonte de ce côté tandis que la surface du sol s'abaisse, les éboulements s'y produisaient moins fortement.

L'application à Quenast de ce procédé de drainage remonte au milieu de l'année 1904; celui-ci s'est montré depuis lors parfaitement efficace.

A titre de renseignement, j'indique au tableau n° 2 ci-contre les relevés du débit qui ont été faits pendant l'année 1906. L'examen des chiffres suggère quelques réflexions : la quantité d'eau journalière paraît peu importante et les variations du débit sont rapides et considérables, presque du simple au triple.

La faiblesse du débit provient de ce que les deux nappes aquifères sont constituées par des couches peu épaisses de sable très fin, où la circulation est lente.

L'importance et la rapidité des variations résultent de ce que jusqu'à 400 mètres au Sud du point Q, le terrain se relève assez rapidement : de la cote 92 au point Q, au plateau 103. La partie élevée de la hauteur est couverte par les cailloux et les sables campiniens qui absorbent complètement les eaux pluviales. Celles-ci, en raison de la différence de niveau, arrivent assez rapidement au point Q et accroissent brusquement le débit de la nappe aquifère du Quaternaire. Cette circonstance est extrêmement défavorable au point de vue de l'assèchement du terrain; néanmoins, le résultat pratique cherché a toujours été obtenu.

Le système de drainage décrit ci-dessus est très économique et est, en conséquence, applicable aux installations provisoires ainsi qu'aux

---

(1) J'ai aussi essayé deux sondages filtrants du même type, mais de 0<sup>m</sup>80 de diamètre; l'un d'eux, placé trop près de la limite des sables moséens, ne donnait presque rien, l'autre donnait à peine plus que ceux de 0<sup>m</sup>30 voisins. J'ai, en conséquence, renoncé à utiliser les grands diamètres qui rendent les sondages beaucoup plus coûteux et qui, en dérangeant le terrain, peuvent provoquer des tassements. On pourrait même encore réduire le diamètre des sondages filtrants jusque 15 centimètres.

installations permanentes qui, en raison des circonstances, ne comporteraient pas les grandes dépenses qu'entraîne l'emploi des puits filtrants des types usuels. C'est le cas, par exemple, lorsqu'il s'agit de dessécher à fond et très complètement des sables fins et limoneux ; la multiplicité et le rapprochement des puits sont alors indispensables, bien plus qu'un fort rendement de chaque puits. Cette multiplicité ne permet pas d'avoir recours à des types de puits ou de sondages coûteux.

Dans le système décrit, le coût de la galerie, quel qu'en soit le type, est nécessairement assez élevé, mais cet ouvrage peut, le cas échéant, être réduit jusqu'à n'être plus qu'un simple rameau de mine que l'on peut ou non, selon les circonstances, transformer ensuite en galerie permanente.

Le coût des sondages et des drains est minime, et l'on peut même, le cas échéant, retirer de terre tout le matériel. Sans doute, tels qu'ils ont été exécutés à Quenast, où il s'agissait d'une installation provisoire, ils n'ont, les uns et les autres, qu'une durée précaire, surtout en raison de l'emploi de la toile métallique. On peut, pour les sondages, rendre la crépine plus durable en substituant à ce treillis une couche annulaire de gravier plus gros, qui écarte le gravier fin du tuyau perforé, comme il est dit plus haut, ou le remplacer par une garniture en amiante.

On peut aussi remplacer les tuyaux de cuivre par de la fonte plus durable.

Pour les drains, on ne peut éviter l'emploi de la toile métallique, ou d'une garniture en amiante, mais on peut les retirer lorsqu'ils laissent passer le sable ou ne donnent plus assez d'eau, remplacer la toile métallique consommée et remettre en place.

Le colmatage (1) de l'appareil filtrant des sondages n'est pas plus à craindre que dans la plupart des types de puits filtrants, et s'il se produisait à la longue, l'exécution de nouveaux sondages serait peu coûteuse.

### § III. — Application au cas du tunnel de Braine-le-Comte.

#### 1. EXAMEN DE LA SITUATION.

On a souvent, et fort injustement à mon avis, attaqué les auteurs du projet du chemin de fer de Bruxelles à Mons, au sujet de l'opportunité

---

(1) Le colmatage se produit le plus souvent dans les puits par le rabattement brusque résultant des pompages nécessairement toujours intermittents. L'écoulement naturel ne présente pas le même danger.

de la création du tunnel de Braine-le-Comte. Le problème qu'ils avaient à résoudre n'était pas alors aussi simple qu'il peut paraître aujourd'hui à première vue. Il s'agissait de faire franchir à la ligne la colline (cotes 109 à 111) qui barre le chemin direct de Tubize à Braine-le-Comte. Pour ne pas arriver à des pentes trop rapides pour l'époque, pentes qu'il y avait surtout intérêt à éviter pour cette voie importante, il fallait, ou passer par-dessus la colline sans tranchée profonde, en la contournant, ou la traverser par une grande tranchée ou un tunnel.

La première solution aurait donné un tracé défectueux et allongé.

La seconde eût conduit à faire une tranchée de 22 mètres de profondeur, qui eût donné lieu à de grandes difficultés d'exécution par suite de la présence des sables bouillants. On aurait peut-être alors trouvé là, par suite de l'influence de ces sables, une partie des déboires qui arrêtent depuis si longtemps l'exécution de la grande tranchée du bief de partage du canal de la Lys à l'Yperlée.

On aurait eu, tout au moins, accentués en raison de la plus grande hauteur, les éboulements qui se sont produits à Quenast et dans tant de grandes tranchées de chemin de fer en terrain argileux. On en serait sans doute venu à bout moyennant des talus suffisamment adoucis, des revêtements, des drains, des contreforts, etc., mais non sans des dépenses considérables.

Étant donné l'importance de la tranchée à exécuter, il est donc assez naturel que l'on ait songé à la remplacer par deux tunnels jumeaux.

Si le niveau de la ligne des tunnels avait été prévu 2 mètres plus bas qu'il n'a été établi, il est probable que l'exécution du double ouvrage d'art n'aurait pas rencontré de difficultés bien sérieuses et il se trouverait probablement aujourd'hui bien des gens disposés à louer les auteurs du projet d'avoir, fort judicieusement pour l'époque, évité de s'attaquer aux sables bouillants, si redoutables alors.

Malheureusement, comme c'était souvent le cas autrefois, et même parfois encore aujourd'hui, le côté géologique de la question avait été négligé dans les études de la ligne. Il faut du reste dire à la décharge des auteurs du projet que les sondages rapides, d'usage courant aujourd'hui, n'étaient pas alors entrés dans la pratique des études des travaux publics; c'est au défaut de la connaissance exacte et détaillée du terrain dans lequel il fallait creuser le tunnel qu'est dû l'échec dont souffre aujourd'hui l'exploitation de la ligne.

On s'est étonné aussi que l'Administration des chemins de fer de l'État belge n'ait pas encore solutionné la question du doublement de la voie, avec ou sans suppression du tunnel, bien que la solution soit

devenue de plus en plus urgente par suite de l'accroissement colossal du trafic, accroissement qui a dépassé toutes les prévisions. C'est que le problème, déjà difficile à l'origine, l'est devenu bien davantage aujourd'hui par suite de l'existence de la ligne actuelle, du développement des constructions aux abords de celle-ci et des sujétions qu'impose la voirie, et l'on ne pourrait actuellement encore arriver à quelque chose de satisfaisant si les hydrologues n'étaient parvenus aujourd'hui à se rendre maîtres des sables boulanges par l'assèchement progressif des nappes aquifères à la formation desquelles ils donnent lieu.

L'application de leurs vues à la construction des tunnels a déjà été proposée en Belgique. C'est ainsi qu'au début des études de la jonction souterraine Bruxelles-Nord-Bruxelles-Midi, on s'était attendu à devoir lutter contre les sables boulanges ypresiens par suite de l'existence, regardée alors comme probable, de failles en escalier qui, croyait-on, faisaient descendre le sable fin ypresien, au-dessous de son niveau habituel à Bruxelles, sur les flancs de la vallée de la Senne. M. Putzeys proposa d'assécher les sables que l'on croyait devoir rencontrer par des puits de son système distants de 25 à 50 mètres de l'ouvrage à construire et dont une galerie creusée dans l'argile ypresienne aurait recueilli les eaux en sous-œuvre.

Le projet avait, avec raison, été pris en considération par l'Administration, mais il se trouva, à l'examen sur place, que les sables boulanges que l'on redoutait ne devaient pas, en réalité, être rencontrés par les travaux du Métropolitain; le projet de M. Putzeys n'avait donc plus raison d'être.

Le projet de M. van Ertborn, basé aussi sur l'assèchement des sables boulanges, est, nous l'avons vu, une solution douteuse et imparfaite; celui que je propose est fondé également sur l'amélioration du terrain en vertu d'un procédé analogue.

Il consiste à doubler la voie dans la partie où elle est actuellement unique, soit par la création du second tunnel, soit par le remplacement de celui qui existe par une tranchée avec double voie, soit, ce qui serait peut-être la meilleure solution, en employant un moyen mixte consistant à conserver seulement la partie centrale du tunnel, en le doublant et en remplaçant les extrémités par des tranchées. Ces travaux seraient rendus possibles par l'assèchement des sables boulanges en appliquant au cas du tunnel le procédé que j'ai employé aux carrières de Quenast. Celui-ci a, dans l'espèce, le mérite d'avoir été expérimenté dans un terrain presque identique à celui auquel je propose de l'appliquer.

Il est même fort probable que la couche de sable ypresien aquifère de Quenast et la couche d'argile compacte sous-jacente sont le prolongement de celles du tunnel. Si l'on compare les cotes d'altitude du contact, 98 au tunnel, 84 à Quenast, on a une pente de  $\frac{14}{4,200}$  mètres, soit une pente de 3<sup>m</sup>3 par kilomètre. C'est un peu moins que la moyenne habituelle pour nos couches tertiaires (5 mètres par kilomètre), mais des sondages faits à Hennuyères, au pied du Bois de la Houssière (H<sub>1</sub> et H<sub>2</sub>, fig. 2), pour l'étude (1) d'une distribution d'eau pour la commune de Quenast, nous ont donné l'argile compacte à la cote 96, qui semble bien concorder avec les deux précédentes.

Du reste, l'inclinaison des couches ypresiennes semble, à Quenast, dirigée plutôt vers le Nord-Nord-Ouest que vers le Nord; ce serait donc suivant cette direction qu'il conviendrait de mesurer les distances entre les courbes de niveau des différents points. Enfin, la faible inclinaison de l'Ypresien dans notre région tient peut-être à ce que celle-ci est située non loin du bord Est de la mer ypresienne.

L'examen des échantillons recueillis à Hennuyères, où, comme à Quenast, l'argile compacte commence par un banc d'argile jaune reposant sur l'argile gris-bleu, semble confirmer mon hypothèse, mais je dois ajouter que ces colorations de l'argile ypresienne se modifient assez vite latéralement et n'ont donc pas une valeur stratigraphique bien sérieuse.

## 2. — ASSÉCHEMENT DES SABLES BOULANTS DU TUNNEL DE BRAINE-LE-COMTE.

Quoi qu'il en soit, ce qui importe, c'est de savoir si le système de drainage de Quenast, renforcé autant que de besoin, donnerait au tunnel des résultats assez complets pour permettre d'entreprendre les travaux de doublement de la ligne.

D'après ce que nous connaissons du terrain, celui-ci se compose de 2<sup>m</sup>50 de limon, 8<sup>m</sup>50 de sable ypresien et ensuite d'argile de même âge. La couche aquifère a, au centre du terrain à drainer, une épaisseur de 3 mètres; elle est alimentée par les eaux de pluie qui pénètrent directement et verticalement le sol de cette partie, mais aussi et surtout par des eaux de circulation provenant principalement du Bois de la

(1) Cette étude a été faite sous la direction de MM. Putzeys et Rutot.

Houssière, qui couvre, à 1 600 mètres à l'Est du tunnel, une colline de sable grossier bruxellien, généralement non recouvert par des dépôts quaternaires. Cette colline, où le ruissellement est nul, est un vaste réservoir qui donne naissance à de nombreux ruisseaux et auquel les communes de Tubize, Braine-le-Comte, Virginal, etc., demandent ou vont demander l'eau nécessaire à leur consommation.

En raison de la proximité de ce puissant réservoir, il est probable que, dans la couche aquifère au-dessus du tunnel, la circulation se fait de l'Est à l'Ouest, mais avec la lenteur habituelle dans les sables fins. Une ligne de sondages filtrants et de drains établie à 25 ou 50 mètres du tunnel et parallèlement à celui-ci assécherait déjà sans doute fortement le terrain. Néanmoins, ce système unique de drainage serait insuffisant, car, malgré la pente Nord-Sud des couches, une partie des eaux contenues dans le sable ypresien du plateau du Flamand refluerait certainement vers l'ouvrage par suite du rabattement de la nappe produit par le drainage. Il faut donc établir également à l'Ouest du tunnel un appareil de drainage analogue à celui du côté Est, mais qui donnera probablement moins d'eau.

L'un et l'autre sont, du reste, nécessaires pour débarrasser le terrain des eaux pluviales qui l'alimentent par pénétration directe, et il y aurait même avantage à ce point de vue à effectuer un drainage superficiel du terrain par les procédés habituels.

Il n'est pas douteux, je pense, pour les hydrologues, que l'on arrivera ainsi à un assèchement pratiquement très suffisant du terrain. La couche de sable ypresien mouillé est plus épaisse qu'aux carrières de Quenast, mais, par contre, elle est unique et il n'y a pas, comme en ce dernier point, une alimentation abondante et intermittente par suite de la situation au bas d'une pente. Le terrain du tunnel constitue plutôt un sommet facile à assécher. En somme, je considère les circonstances comme plus favorables qu'à Quenast. Quoi qu'il en soit, le système de drainage que je propose peut être renforcé autant qu'il le faudrait par le simple rapprochement des sondages filtrants et des drains.

Il est difficile de fixer les quantités d'eau qu'il faudra soustraire au terrain, une fois l'assèchement obtenu, pour entretenir l'état de siccité réalisé; mais, en raison de la faible circulation de l'eau dans les sables ypresiens, il est probable que cette quantité est fort peu considérable. Cela a son importance pour les communes dont les distributions créées ou projetées tirent leur eau du plateau à l'Est de la ligne Tubize-Braine-le-Comte, alimenté par le Bois de la Houssière.

Le système de drainage des carrières de Quenast ne peut naturellement pas être appliqué *ne varietur* au cas du tunnel ; le type de galerie, notamment, ne convient pas pour un ouvrage permanent. Une galerie en béton à section ovoïde renversée est indiquée si on la construit immédiatement dans sa forme définitive. Dans le cas contraire, le type des mines de Bruay à section circulaire, obtenue par deux demi-cadres réunis par des manchons, se prête bien à une transformation ultérieure en ouvrage durable.

La distance de l'axe de la ligne à laquelle il convient de placer les galeries dépend de la façon dont on transformera celle-ci : pour doubler simplement le tunnel, il suffit de les mettre à 25 mètres de l'axe ; pour le remplacer en tout ou en partie par les tranchées, il faut une distance plus grande, 50 mètres par exemple.

Le niveau de la galerie ne pourra être déterminé qu'après des sondages suffisamment rapprochés, exécutés sur les lignes mêmes que devront venir occuper les deux systèmes d'appareils filtrants. Cela est indispensable malgré l'étude du terrain qui a été faite autrefois par MM. Rutot et Van den Broeck, à cause des variations rapides que présentent latéralement les couches ypresiennes (1). Heureusement, la différence de cote entre le rail (89) et le dessous de la nappe aquifère (98) donne une latitude assez grande pour le placement de la galerie et permettrait probablement son exécution, même si l'on devait rencontrer des parties sableuses dans les couches d'argile compacte ou des dénivellations imprévues dans ces dernières.

Pour les sondages filtrants, la distance de 5 mètres semble suffire. Le nombre des drains à placer dans les intervalles pourrait être déterminé par expérience pour chaque galerie. Il suffit de ménager suffisamment d'ouvertures dans la voûte de la galerie pour pouvoir faire aisément autant de drains qu'il serait nécessaire.

---

(1) Nous en avons eu un exemple lors des études faites à Hennuyères et dont je parlais plus haut. Un sondage préalable avait été fait en H<sub>1</sub> (fig. 1) afin de déterminer les longueurs qu'il fallait donner respectivement aux parties pleines et aux parties filtrantes du puits Putzeys projeté. On avait trouvé l'argile à la cote 96 avec, au-dessus, 10 mètres de sable fin aquifère auquel on comptait demander l'eau cherchée. Pour des raisons d'ordre pratique, le puits dut être exécuté en H<sub>2</sub> à 50 mètres du point de sondage, l'argile compacte fut bien rencontrée à la cote 96 prévue, mais dans les 10 mètres de sable, une linéole très argileuse de 3 mètres d'épaisseur s'était intercalée et l'on dut remplacer la partie filtrante de 10 mètres par deux sections de 5 et de 2 mètres, séparées par une partie étanche de 3 mètres, ce qui fut fait du reste sans difficulté, le puits Putzeys se prêtant bien à ces transformations en cours de travail.

Les tuyaux de raccord des drains comme ceux des sondages seraient faits en cuivre pour être durables.

Le dispositif de drainage étant terminé, on en suit les résultats par le jaugeage journalier du débit des puits et des drains; on vérifie directement l'abaissement de la nappe aquifère, qui doit se manifester aussi par la diminution des suintements observés dans le tunnel. Ces derniers devraient disparaître presque entièrement, si les couches du terrain étaient restées dans leur état primitif et ne présentaient pas de petites dénivellations qui peuvent donner lieu à des poches échappant à l'action des sondages et des drains qui en sont relativement éloignés (25 à 50 mètres). Ces dénivellations peuvent être naturelles ou être le résultat d'affaissement avec ou sans failles résultant des anciens travaux de construction du tunnel. Mais comme, après l'établissement de l'appareil de drainage, les poches en question ne seront plus alimentées que d'une façon intermittente et insignifiante par les eaux de pluies qui échapperont au drainage superficiel ou par le peu d'eau de circulation qui ne serait pas captée par les sondages filtrants et les drains, les accumulations d'eau ne pourront y avoir aucune importance.

J'ai la plus entière confiance dans le résultat de ces travaux, mais il est fort légitime que l'Administration désire ne pas s'engager dans des travaux importants et assez délicats avant d'avoir tous ses apaisements. Comme on le verra ci-après, ces travaux peuvent être conduits graduellement avec toute la prudence et les garanties voulues. Le seul travail qui doit être poussé jusqu'au bout est le drainage. Si les résultats de celui-ci, dont l'exécution n'affecterait ni le service ni la sécurité du tunnel, ne paraissent pas suffisamment concluants pour que l'Administration juge pouvoir s'engager dans les travaux de transformation de la ligne, le drainage aurait toujours l'avantage d'améliorer notablement la situation de l'ouvrage actuel, l'assèchement du terrain devant contribuer efficacement à sa bonne conservation.

### 3. — EXÉCUTION DU PROJET DE DOUBLEMENT DE LA LIGNE.

Le projet que je présente paraîtra probablement très audacieux, étant donné l'existence du tunnel et de la ligne actuelle, dont le service ne peut être à aucun moment entravé, ni la sécurité compromise; mais le travail peut en être divisé en phases successives; on ne passerait à une phase nouvelle que lorsque l'on serait parfaitement assuré des résultats obtenus par les travaux des phases précédentes. On aurait, du

reste, la liberté d'arrêter à tout instant le travail en cours sans qu'il puisse compromettre la situation actuelle.

Voici comment, à mon avis, les travaux pourraient être conduits :

A. *Expropriations.* — Elles se bornent à l'acquisition de chaque côté de la propriété actuelle de l'État d'une bande de 40 à 50 mètres de largeur, soit en tout 4 à 5 hectares. Les constructions y sont peu nombreuses et le terrain y est sans valeur industrielle. Les achats ne pourraient donc entraîner de grandes dépenses.

B. *Drainage du terrain.* — La partie la plus encombrante des travaux, c'est-à-dire le drainage superficiel et la création des sondages filtrants, s'exécute à la surface du sol. Seule la construction des deux galeries latérales doit se faire par les tranchées existantes au Nord et au Sud du tunnel; mais le matériel à amener et les déblais à emporter pour chaque front d'attaque se réduisent à peu de chose : moins d'un wagon de matériel par semaine à l'arrivée et d'un wagon par jour à enlever. Du côté Ouest, où l'on peut, à chaque extrémité du tunnel, disposer d'une voie en cul-de-sac, il n'y a aucune difficulté. Pour la galerie du côté Est, on peut faire passer le matériel et les déblais par-dessus la tête du tunnel au moyen de wagonnets pour ne pas encombrer la voie unique et utiliser la voie en cul-de-sac du côté Ouest.

C. *Exécution des tranchées.* — Les tranchées destinées à remplacer les parties extrêmes du tunnel s'exécuteraient en maintenant dans leur intégralité les maçonneries de celui-ci.

Si l'on a soin de conduire l'enlèvement des terres de manière à assurer toujours la symétrie des poussées par rapport à l'axe de l'ouvrage, si l'on donne à la tranchée une largeur suffisante et aux talus l'inclinaison voulue, et si l'on divise la hauteur de ceux-ci par une large banquette (ou deux dans la partie la plus élevée), le travail pourra se poursuivre sans danger pour le tunnel (1). Il faudrait naturellement assurer la solidarité des pieds-droits, si elle n'est pas complète, par des poutrelles passées sous les rails.

La bonne tenue des talus serait assurée par les moyens les plus

(1) Cela suppose, bien entendu, que les couches d'argile sous la voie ne présentent pas de récurrences de sable bouillant; ce qui est du reste fort improbable vu la bonne tenue des talus existants. J'ignore, toutefois, si la reconnaissance du sous-sol a été faite à ce point de vue. L'existence, sous la voie, de linéoles de sable aquifère ne permettrait pas le maintien de hauts talus et les éboulements de fond seraient à redouter; il faudrait alors se résigner à doubler le tunnel actuel purement et simplement.

efficaces : contreforts, revêtements, etc. La façon dont se maintiennent les talus des tranchées existantes avant et après le tunnel montre que les couches d'argile ypresienne auxquelles on a affaire, lorsqu'elles ne sont pas surmontées de sables aquifères, ne présentent pas de difficultés extraordinaires. Les sables bouillants qui commencent à la cote 98, une fois asséchés, cesseront d'être nuisibles. Leur allure régulière permet d'employer avec avantage un drain longitudinal raccordé de distance en distance avec le fossé. Ce drain serait créé sur la banquette dont je parlais plus haut, établie elle-même un peu au-dessous de la cote 98, afin de recueillir tous les suintements qui pourraient avoir échappé au drainage.

Dans ces conditions, il n'est pas à craindre que l'on rencontre les difficultés avec lesquelles la Compagnie du Chemin de fer de l'Est français a eu à lutter dans les grandes tranchées d'argile, comme celles de Guérard, de la Touffe, etc., décrites par M. Froidure (1), par suite de l'hétérogénéité des couches d'argile, de l'allure ondulée des sables aquifères surmontant l'argile, de l'inclinaison des couches vers la tranchée, etc.

D. *Construction du second tunnel.* — Lorsqu'on jugera que les tranchées sont suffisamment prolongées, soit par suite de la hauteur croissante des talus et de la difficulté de maintenir ceux-ci, soit pour toute autre cause, on passera à la construction du second tunnel.

La méthode du bouclier permet aujourd'hui de construire des tunnels dans les plus mauvais terrains, au voisinage de constructions de toute nature, sans détériorer celles-ci, ni provoquer des affaissements de terrain. On pourra, du reste, se tenir à la distance du tunnel existant que l'on jugera nécessaire pour en assurer la sécurité complète.

La construction des métropolitains de Londres, de Paris, etc., a, à ce point de vue, réalisé des choses autrement difficiles et délicates que celle que je propose.

On arriverait probablement à limiter la longueur du tunnel nouveau à une centaine de mètres et même moins. Un tunnel de cette longueur, revêtu de briques blanches émaillées, pourvu au besoin à ses extrémités d'un système de prismes Luxfer pour en compléter l'éclairage et franchi en douze secondes, à l'allure de 30 kilomètres à l'heure,

---

(1) E. FROIDURE, ingénieur des Ponts et Chaussées, *Les procédés de consolidation des talus des tranchées*. (ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES DE BELGIQUE, 1887, pp. 207 à 225 et 319 à 359.)

exigera-t-il encore l'allumage des lanternes ou des lampes de voiture? Je ne le pense pas.

Quoi qu'il en soit, le tunnel une fois complètement achevé, on passe à l'opération suivante :

E. *Transport du trafic du tunnel Est dans le tunnel Ouest.* — L'exploitation se ferait provisoirement dans les mêmes conditions qu'aujourd'hui. On disposerait alors du tunnel ancien.

F. *Démolition de la partie condamnée du tunnel actuel et appropriation de la partie centrale.* — Les extrémités du tunnel, devenues inutiles, seraient démolies; on ne conserverait que les parties des pieds-droits jugées utiles pour la protection de la voie contre les éboulements dans l'avenir. La partie centrale serait réparée, consolidée, améliorée, revêtue.

Cela fait, il ne resterait plus qu'à réaliser la dernière phase.

G. *Installation du service normal à double voie.*

*Conclusions.* — Dans cet exposé, je me suis naturellement borné à développer les points qui intéressent particulièrement notre Société, laissant à d'autres, plus compétents que moi, le soin de résoudre les questions d'ordre purement technique.

---

TABLEAU I.

Jaugeage des sondages filtrants et drains des carrières de Quenast, les 19 et 20 février 1907.

SONDAGES ET DRAINS.		JAUGEAGE EN MÈTRES CUBES PAR 24 HEURES.		OBSERVATIONS.
No.	Dimensions.	du 19 février 1907.	du 20 février 1907.	
1	0 <sup>m</sup> 80	0 696		
2	0.30	0.432		
3	0.30	0.576		
4	0.30	0.360		
5	0.30	0.384		
6	0.04	0.168		
7	0.30	0.384		
8	0.04	0.192		
9	0.04	0 240		
10	0.30	0.504		
11	0.04	0.408		
12	0.80	0.720		
13	0.04	0.168		2 sondages filtrants de 0 <sup>m</sup> 80 de diamètre;
14	0.04	0.288		11 sondages filtrants de 0 <sup>m</sup> 30 de diamètre;
15	0.30	0.336		13 drains de 0 <sup>m</sup> 04;
16	0.04	0.312		pour un front de 65 mètres.
17	0.30	1.920		
18	0.04	0.432		
19	0.04	0.240		
20	0.30	0.672		
21	0.04	0.288		
22	0.04	0.192		
23	0.30	0.720		
24	0.04	0.360		
25	0.04	0.504		
26	0.30	0.720		
Total jusqu'au dernier sondage de 0 <sup>m</sup> 30 . . . . .		12.216	14.160	
Jaugeage des 21 drains de 0 <sup>m</sup> 04 placés au delà du dernier sondage de 0 <sup>m</sup> 30 . .		7.680	10.968	21 drains de 0 <sup>m</sup> 04 pour un front de 65 mètres.
Total pour la galerie. . .		19.896	25.128	

**Débit en mètres cubes et par jour des sondages filtrants  
et drains des carrières de Quenast en 1906.**

DATE DU MOIS.	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.	AVRIL.	MAL.	JUIN.	JUILLET.	AOÛT.	SEPTEMBRE.	OCTOBRE.	NOVEMBRE.	DÉCEMBRE.
1	24,312	32,856	34,128	30,624	23,232	21,408	18,000	15,168	13,752	13,248	13,632	16,320
2	23,784	»	36,480	28,992	»	20,232	17,208	»	»	»	»	»
3	»	»	»	»	»	»	»	14,928	»	14,112	13,824	17,112
4	»	»	»	»	»	»	16,608	»	13,248	»	»	»
5	»	»	»	28,176	»	19,380	»	»	»	»	»	17,952
6	26,928	»	34,128	»	»	»	16,608	14,736	»	14,304	»	»
7	»	»	»	»	22,752	»	»	»	»	»	»	»
8	31,056	»	»	»	»	19,032	»	14,544	»	14,160	»	17,496
9	»	»	»	26,712	»	»	16,320	»	»	»	14,232	»
10	32,976	»	»	»	22,224	»	»	»	»	13,968	»	18,024
11	31,056	»	»	»	»	18,672	»	»	»	»	»	»
12	»	»	»	25,944	»	»	16,824	»	»	»	»	»
13	»	»	»	25,368	»	»	»	»	»	»	»	18,744
14	»	»	»	»	21,336	18,360	»	»	»	»	»	»
15	32,856	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	19,104
16	»	»	37,488	»	»	»	16,320	»	»	»	»	»
17	»	»	40,520	23,784	»	»	»	»	»	»	»	19,416
18	»	»	»	»	»	»	»	14,928	14,160	»	»	»
19	»	»	»	»	»	17,712	16,080	»	»	»	14,736	»
20	35,160	»	»	»	»	»	»	14,736	»	13,656	»	19,752
21	»	»	38,760	»	22,296	17,424	»	»	»	»	14,940	19,656
22	»	»	»	»	»	»	»	14,544	»	»	15,360	»
23	32,856	»	36,000	»	22,032	18,000	15,840	»	»	13,464	»	»
24	»	»	»	»	»	»	»	14,136	13,800	»	15,360	17,904
25	30,840	»	»	»	»	18,312	»	»	»	»	»	»
26	»	»	33,624	»	21,408	»	»	»	13,632	»	»	»
27	»	34,128	»	23,232	»	18,000	»	»	»	»	15,600	»
28	»	»	30,624	»	»	»	»	»	13,464	»	»	»
29	32,856	»	»	»	»	»	»	»	»	13,632	»	»
30	»	»	»	»	»	»	15,384	»	»	»	»	»
31	»	»	»	»	»	»	»	13,752	»	»	»	17,304