

SÉANCE DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE

DU 17 AVRIL 1894

Présidence de M. E. Dupont, Vice-Président.

MM. *Jottrand* et *Van den Broeck* font excuser leur absence.

Élection de nouveaux membres.

Est élu en qualité de membre effectif :

M. MASSON, Chimiste, directeur du laboratoire agricole de Gembloux.

Communications du bureau.

M. le *Président*, après avoir consulté l'assemblée, annonce que l'excursion dans la vallée de l'Orneau, sous la direction de M. X. Stainier, aura lieu le 29 avril. Quant à l'excursion projetée à Couvin, les circonstances actuelles ne sont pas encore favorables pour y étudier la circulation de l'eau dans les calcaires.

L'excursion dans le Jurassique aura lieu à la Pentecôte.

Communications des membres.

M. le *Président* donne la parole à M. Th. Verstraeten pour la communication annoncée à l'ordre du jour.

EXAMEN HYDROLOGIQUE

DES

BASSINS DU HOYOUX ET DU BOCQ

PAR

Th. Verstraeten

Ingénieur.

HISTORIQUE

Dans l'exposé qu'il nous a présenté le 23 janvier 1893, M. Putzeys, directeur des eaux de la ville de Bruxelles exprime l'opinion que l'Ingénieur hydrologue doit s'effacer devant le géologue quand il s'agit

d'apprécier au point de vue des eaux ce qui se passe dans les entrailles de la terre (voir notamment les pages 8 et 12).

Je ne saurais admettre cette manière de voir. Je regarde cette soumission comme trop commode, comme incompatible avec une vraie direction, une vraie responsabilité; j'estime que tout chef d'un service public important, s'il a le devoir de consulter toutes les autorités, n'a pas le droit de s'effacer devant aucune d'elles.

Les erreurs commises dans l'appréciation de la valeur des eaux du Hoyoux et du Bocq sont une justification de ma thèse.

Depuis 1885, les débits du Hoyoux avaient fait l'objet d'observations nombreuses de la part de M. Van Hoegaerden, châtelain de Modave.

Il voulait reconnaître ce que fournissait, en bonnes sources permanentes, son parc, traversé par le Hoyoux. Il installa des déversoirs, tant à l'amont qu'à l'aval de ce domaine, jaugea et prit les différences; il jaugea aussi toutes les sources séparément et obtint des résultats concordants.

Les années 1885 et 1886, qui furent humides, procurèrent de cette façon, et pour le parc exclusivement, des débits estimés à plus de 100.000 m³ quotidiens.

L'année suivante qui fut sèche donna :

A l'aval	136.000 m ³ .
A l'amont	34.000 »
	<hr/>
Différence	102.000 m ³ .

Or, le bassin hydrographique du Hoyoux à l'amont des sources du parc étant 8906 hectares, cela faisait, comme minimum, 11 m³ à l'hectare-jour. Était-ce possible ?

Dans les diverses régions du pays, les rendements unitaires aux périodes très arides sont approximativement les suivants :

Dans l'Ardenne quartzo-schisteuse	0 m ³ , 3
Pour la Lys et l'Escaut, à Gand	0, 6
Pour le Démer, à Diest	0, 9
Pour les Deux-Nèthes	1, 3
Pour la Meuse, à Namur	1, 4
Pour l'Entre-Senne-Dyle-et-Gèthe	2 à 4, m ³

Donc, dans les bassins à couches aquifères très régularisantes, on n'observait pas au delà de 4 m³; et pour les étendues du Condroz, où

se développe le Hoyoux, on ne possédait pas de données relatives aux sécheresses.

Nous étions donc, avec les 11 m³ précités attribués à cette rivière, en face d'une énorme exagération.

D'ailleurs, c'était bien aussi la préoccupation de M. Van Hoegaerden. Il s'adressa à l'Observatoire de Bruxelles et posa cette question : « L'année 1887 a-t-elle été sèche ? » — La réponse fut : « Oui, elle a été sèche. » — Et, en effet, tandis que la hauteur moyenne de pluie à Bruxelles est de 720 mm., l'année 1887 n'avait donné que 587 mm.

Mais la question avait été mal posée. L'hydrologue eût nettement précisé en ces termes : « L'année 1887 a-t-elle été la plus déprimante pour les sources ? » Et le météorologue eut répondu : « Non, toute la période 1862-65 fut beaucoup plus déprimante. »

M. Van Hoegaerden, pleinement rassuré, dressa le projet dit de Modave, d'un capital d'environ 15 millions de francs, pour la dérivation des sources de l'endroit, captées à l'émergence, et le soumit en toute sincérité à une *Commission gouvernementale* qui venait d'être instituée.

Les constatations se poursuivirent sur les eaux de Modave. L'année 1888, qui fut très humide — 854 mm. à Bruxelles — ne confirma que trop les précédents débits. Cependant, dans le cours de l'année suivante, encore humide, la dite Commission opérant à son tour, n'enregistra plus que 86.000 m³ par 24 heures, mais elle tint ce chiffre comme minimum, et imprima que l'on pourrait se baser sur ce fait pour l'édification du grandiose projet.

De telle sorte que nous nous trouvions en présence de cette anomalie frappante :

En 1887, année sèche	100.000 m ³
En 1889, année humide.	86.000 »
	<hr/>
Différence en moins.	14.000 m ³

Outre les déclarations extraordinairement optimistes de la Commission gouvernementale, nous avons les assurances fournies par deux géologues éminents, MM. Rutot et Van den Broeck qui, pour justifier la grandeur exceptionnelle des débits annoncés, affirmaient que de la disposition géologique des lieux il résultait que le bassin hydrographique des calcaires (traversé par le Hoyoux) est infiniment plus étendu que le bassin superficiel de la vallée du Hoyoux ; que tel était le motif précis, incontestable de l'énorme quantité d'eau que déversent

les sources qui, comme celles de Modave, constituent le déversoir naturel d'un gigantesque système de drainage souterrain; et ils estimaient « que le bassin d'alimentation du Hoyoux et des sources de Modave est en réalité plus que doublé relativement à la surface du bassin hydrographique superficiel ».

Je combattis publiquement, dès 1891, ces exagérations et les espérances qu'elles avaient fait naître pour l'alimentation en eau potable de Bruxelles et de ses faubourgs.

Il était évident :

- Que les jaugeages avaient été mal effectués;
- Que nul compte n'avait été tenu des grandes périodes de sécheresse;
- Que les prises de sources à l'émergence étaient dangereuses et devaient être remplacées par des prises profondes;
- Que les 86.000 m³ annoncés fléchiraient dans une proportion notable.

Tandis que la ville de Bruxelles abandonna les eaux de sources du Hoyoux, les Faubourgs s'en éprirent, et la Compagnie intercommunale, qui représentait les Faubourgs, fit commencer dans la vallée et à partir de fin 1891, une série de jaugeages rigoureux pendant deux années consécutives.

La grande sécheresse 1891-93 était ouverte et les premières observations à Modave donnèrent raison à mes prédictions, qualifiées de pessimistes.

Il y avait de fortes présomptions que l'Intercommunale, une fois sérieusement à l'étude, abandonnerait ce domaine malgré sa richesse en bonnes eaux.

La vallée du Bocq, qui s'offrait en concurrence, avait en effet sur l'autre trop d'avantages : plus accessible à moins de frais, aussi bien fournie d'excellentes sources, moins embarrassée d'industries, elle était mieux disposée pour permettre les extensions ultérieures des travaux de captage.

C'est en effet ce qui arriva; le Bocq fut proposé par les Faubourgs en remplacement du Hoyoux.

La ville de Bruxelles ne voulut point se rallier à ce projet, et déclara lui préférer le système de la dérivation d'une partie des eaux de la Meuse, à prendre en amont de Namur.

Les défenseurs officiels de ce projet se sont fréquemment laissés aller à des appréciations hasardées, au sujet du bassin du Bocq et de son homologue le bassin du Hoyoux.

C'est ainsi que dans des rapports publiés et dans des réunions à la Société de géologie, l'un d'eux, M. Putzeys, a soutenu :

Qu'entre les bassins terreux et les bassins rocheux, les différences (hydrologiquement) sont énormes ;

Que dans les premiers tout est régulier, et que dans les derniers, comme ceux du Hoyoux et du Bocq, tout est capricieux ;

Que dans ceux-ci les eaux circulent souterrainement avec rapidité, tombant de cascade en cascade ;

Que les couches aquifères et leurs nappes y sont indéterminables ;

Que les sources les plus belles en apparence peuvent descendre directement des bêttoires infectés de la surface ;

Que les prises profondes sont d'ailleurs impossibles dans les roches du Condroz et que l'on est condamné à les créer superficielles avec tous les dangers qui accompagnent ce mode de captation ;

Que les serrements que projettent les ingénieurs de l'Intercommunale — moyens déclarés excellents et pratiques dans les sables bouillants du Bois de la Cambre — sont des installations absurdes dans les roches calcaires, etc., etc...

Je me propose d'étudier l'hydrologie des régions du Hoyoux et du Bocq et de rencontrer en passant ces affirmations.

Sol, sous-sol, mouvement des eaux.

Examinons ce qui se passe sur et sous le sol des bassins proposés, et d'abord représentons-nous la vallée principale du *Hoyoux*.

Elle commence à l'altitude de 320 mètres, descend vers la Meuse suivant un développement d'une vingtaine de kilomètres et s'y joint, à Huy, à la cote 70. — Je ne cite bien entendu que des chiffres ronds.

Voilà donc une chute de 250 mètres imprimant au thalweg une déclivité peu commune dans le Pays.

La crête délimitant ce bassin est à son point le plus haut au midi, à l'altitude de 337 mètres, et elle enciint une superficie de 24.675 hectares, profondément ravinée de l'est à l'ouest.

Toutes les vallées, tant les transversales que la principale, sont presque toujours fortement encaissées, mais les plateaux se développent par larges ondulations, circonstance favorable au point de vue hydrologique.

Le *Bocq* a de moins brusques allures. Sa vallée principale qui, elle aussi, naît à 341 mètres d'altitude du côté est, suit un trajet beaucoup plus long pour aboutir à la Meuse à Yvoir, à 20 mètres plus haut que le Hoyoux. Ses ravins, côtes et plateaux rappellent ceux du Hoyoux et son bassin s'étend sur 23.113 hectares.

Dans les deux étendues le *sol* est ordinairement formé d'une pellicule

limoneuse, sableuse, graveleuse, caillouteuse, voilant tantôt des amas de sables, plus souvent les roches qui çà et là se découvrent.

Ces roches constituent le *sous-sol*. Supérieurement, elles se présentent par bandes alternatives calcaires et quartzo-schisteuses, orientées pour le Hoyoux dans le sens normal à la vallée principale, et obliquement pour celle du Bocq. En profondeur les bandes quartzo-schisteuses réalisent une suite de vastes cuves comblées par le calcaire; et selon les figurations de M. le géologue Dupont, ces cuves descendent même à des centaines de mètres sous le sol.

Tandis que le contenant, formé de grès, de psammites et de schistes, est à considérer dans son ensemble, et à certaine profondeur, comme imperméable, le contenu est très divisé, en haut par l'action météorologique, dans toute la masse par les joints, et les cassures, le tout plus ou moins rempli d'éléments désagrégés.

Les *chutes pluviales* de la contrée diffèrent sensiblement de l'aval à l'amont.

Pour fixer les idées rappelons qu'à Bruxelles la hauteur moyenne des eaux tombées est de 720 mm. par an.

Cela dit, si nous consultons la carte de M. Lancaster, nous noterons qu'en remontant la vallée principale du Hoyoux, de la Meuse à Modave, la pluie reste inférieure à 700 mm.; que plus haut jusqu'à la cote 260 elle s'élève à 750 mm.; et qu'au delà elle monte à 775 mm.

Dans le bassin du Bocq, les quantités signalées sont plus importantes; plus de la moitié de sa surface est soumise à des pluies de 750 à 800 mm., et les plateaux élevés du sud en reçoivent jusque 825. Rapprochons de ces indications de M. Lancaster celle de notre confrère M. Walin qui, d'après ses observations des deux dernières années, conclut, pour les plateaux du Bocq, à des chutes pluviales supérieures de 20 p. c. à celles des plateaux du Hoyoux.

Comment se conduisent ces pluies sur et sous le sol?

Chacun sait que leur plus ou moins de régularité est, en hydrologie, d'une importance capitale, et je doute que les observations soient assez anciennes, continues et multipliées pour qu'on puisse se prononcer catégoriquement à cet égard.

Quoi qu'il en soit, les précipitations, pures dans les régions élevées de l'atmosphère, se souillent profondément au contact du sol; les plateaux leur présentent relativement peu de déclivité, mais les vallées et leurs coteaux rapides les sollicitent à fuir vers la Meuse.

De là des déchets que des circonstances extraordinaires, comme la

congélation du sol, peuvent grossir exagérément. Le reste est absorbé par le manteau terreux, d'autant plus perméable qu'il est plus mince ; et je crois, contrairement à ce qui a été avancé, que son action sur l'eau reçue est plutôt corruptrice qu'améliorante.

Ces filtrations, qui tendent à descendre verticalement, rencontrent des amas sableux et plus habituellement les *bandes calcaires* et les *bandes quartzo-schisteuses*.

Dans ce dernier cas, les eaux infiltrées pénètrent à peu de profondeur ; bientôt l'imperméabilité de la roche s'accuse ; l'eau qui peut s'élever dans le terrain jusqu'à la surface, achève en fait l'imperméabilité de la masse, et les venues pluvieuses nouvelles ne peuvent plus que glisser, sur ce sol mouillé, jusqu'à la rencontre des bandes calcaires contiguës.

Si donc le bassin était tout entier quartzo-schisteux, la couche aquifère de faible puissance ne posséderait qu'une action régularisante infime, permettant les crues subites et donnant lieu à des sources précaires qui disparaissent presque totalement aux périodes sèches un peu prolongées.

Mais il y a les *bandes calcaires*. Elle sont donc alimentées, non seulement par les eaux tombant directement au-dessus d'elles, mais par les ruissellements refusés pour cause de trop-plein par les roches quartzo-schisteuses.

Encore une fois ces liquides en y pénétrant sont extrêmement altérés ; ils descendent avec plus ou moins d'abondance dans la mesure des solutions de continuité qui les guettent ; et elles cheminent ainsi par des voies plus ou moins multipliées et sinueuses jusqu'à ce qu'elles rencontrent l'imperméabilité.

Formation des couches aquifères. Pour mieux nous rendre compte de ce qui se passe en sous-sol, représentons-nous d'abord un des éléments du bassin hydrographique : une cuve imperméable à remplissage très divisé et le sol horizontal (voir fig. 1 ci-après).

Faisons pleuvoir sur un bassin ainsi composé et observons :

L'eau tombée sera absorbée en proportion considérable, et disparaîtra, d'une part sollicitée par la capillarité, de l'autre par la gravité. Cette dernière partie gagnera le fond, s'y étalera en couche aquifère, et peu à peu par les nouvelles venues pluvieuses, sa nappe s'exhaussera jusqu'à la surface.

A ce moment toute la masse est rendue effectivement imperméable et toutes les pluies qui l'atteignent encore se perdent intégralement.

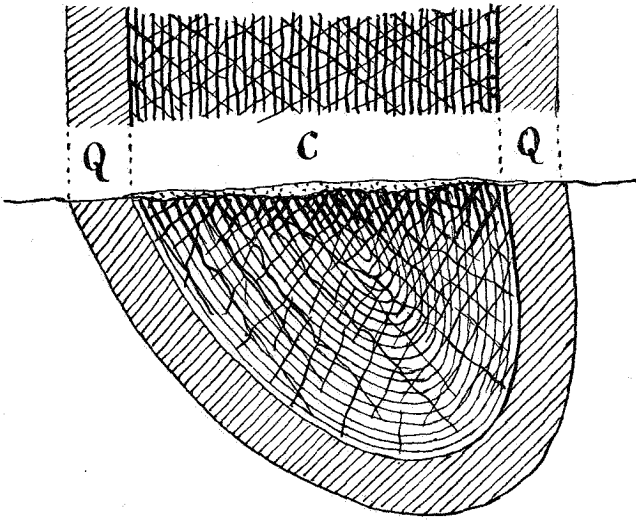


FIG. 1

C. Calcaire
Q. Quartzschisteux

Si la pluie cesse, l'évaporation aidée de la capillarité fait baisser la nappe.

Voilà donc un bassin rocheux, à calcaire aussi tamisant que l'on voudra, et qui est incapable de fournir une seule source émergente.

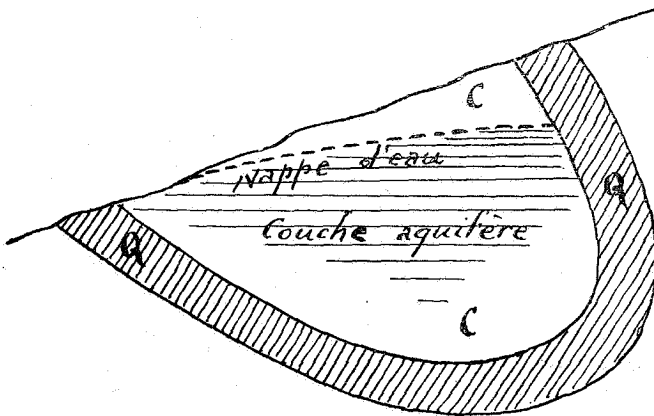


FIG. 2

Gardons ce même bassin et inclinons-le (voir fig. 2). Un déversement aura lieu par le bas côté, et la nappe aquifère s'abaissera, tout en conservant une pente qui permettra aux éléments liquides la chute nécessaire pour s'écouler à la partie inférieure.

Cet abaissement de la nappe ira en se ralentissant, le bombement en s'aplatissant et le déversement en se réduisant, jusqu'à n'être plus qu'une humectation qui, venant à cesser, annoncera l'état d'équilibre statique dans la couche aquifère et l'horizontalité pour la nappe (1).

La pluie recommence : les eaux de filtration les plus rapprochées du bord inférieur seront les premières à sortir et leur réapparition rapide nuira à la qualité de l'eau.

Il n'en serait pas autrement, si le remplissage de la cuve avait été effectué au moyen de matériaux désagrégés.

Pendant ce temps, les filtrations plus éloignées descendent avec plus ou moins de lenteur dans le terrain sec, atteignent la couche aquifère qu'elles renflent de l'aval à l'amont ; puis, au moyen de la pente ainsi réalisée, elles se dirigent vers les points bas en s'élaborant toujours davantage.

Jusqu'ici, nous n'avons obtenu que des suintements à l'aval et pas de vraies sources. Pour combler cette lacune, engageons horizontalement la sonde dans la couche aquifère au bord inférieur de la cuve. Si l'outil n'entame que la roche compacte, rien n'apparaîtra ; mais, s'il rencontre des fissures, le conduit foré devient à la fois un drain et un collecteur. L'eau appelée agira par action physique et chimique sur les fendillements ramifiés, les amplifiera à la longue et en grossira conséquemment les afflux.

Les sources naturelles n'ont pas d'autres causes.

Sans insister davantage, ces exemples familiers accusent nettement les conditions qui procurent le plus ou moins de régularité de débit, de composition et de température des sources.

On voit de suite que cette régularité dépend :

- De celle des pluies ;
- De la vitesse de filtration des éléments liquides dans le terrain sec au-dessus de la nappe ;
- De l'étendue de cette circulation ;
- Du volume d'eau compris entre la nappe mobile et le plan horizontal passant par le bas côté ;

(1) Je me place au point de vue pratique. Mathématiquement l'horizontalité n'est atteinte qu'à l'infini.

De la résistance à la circulation dans ce volume variable qui, seul, représente la réserve souterraine ;

Et de la résistance à l'échappement des eaux.

On nous dit qu'il existe des différences considérables entre les bassins rocheux et les bassins arénacés. Nous voyons ici que deux bassins rocheux ou autres, absolument identiques de forme, de composition, de structure, peuvent fournir des résultats tout aussi extraordinaires, et qu'il suffit pour cela d'un simple changement d'inclinaison.

De ce qui précède il suit qu'on rendra plus parfaite la régularité des sources en accumulant plus de masse perméable sur le sol actuel, et c'est ce qu'a fait la nature, notamment aux bassins du Hoyoux et du Bocq.

Reprenons notre cuve inclinée de tout à l'heure et chargeons-la comme je viens de le dire.

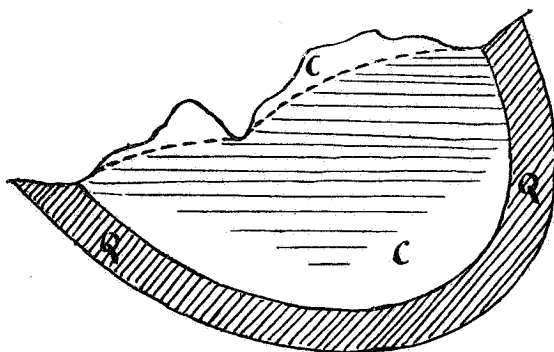


FIG. 3.

La figure 3 suffit à nous rendre compte de la propriété annoncée.

Et un autre avantage est encore obtenu, c'est qu'ici la nappe peut monter beaucoup sans altérer la faculté d'absorption de la surface et en augmentant l'effet utile de la réserve souterraine. Elle peut même s'élever assez pour faire naître des sources au côté d'amont de la cuve et créer des lacs ou des ruisseaux dans certaines dépressions du sol.

Des exemples théoriques, passons à une cuve réellement existante.

Les calcaires n'y sont pas « infiniment » divisés, mais tout le monde est d'accord pour les considérer comme très divisés. Et comment ?

Est-il vrai que les eaux s'y engouffrent, tombent de cascades en cascades, remplissent des cavités, des cavernes, des grottes; que débordent

dant de là, elles coulent avec vitesse, comme en des conduits de plus ou moins grande section, depuis l'orifice d'entrée jusqu'à l'orifice de sortie ; et qu'échappant de la sorte à toute élaboration souterraine elles risquent de revenir au jour avec leur pollution d'origine ?

Rien n'autorise ces combinaisons d'hypothèses.

D'abord les bétoires sont très peu nombreux dans les deux bassins considérés, mais le fussent-ils que cela ne prouverait encore que pour une absorption plus notable de la chute pluviale. Il faudrait vérifier ce qui a lieu plus bas. Or quand, dans les bassins en question, — et non pas dans les autres, — on examine les flancs des rochers, toutes les parois des excavations à toutes profondeurs : des entonnoirs, des carrières, des puits, des tranchées de routes et de chemins de fer, quand on observe tout cela, rien n'annonce les conditions favorables à des courses rapides des eaux souterraines ; et les remplissages des solutions de continuité, soit par la désagrégation de la matière même de la roche, soit par les éléments venus d'en haut, indiquent au contraire que la descente des particules aqueuses doit s'opérer avec une extrême lenteur.

Et puis, les débits, les compositions, les températures des sources et des rivières elles-mêmes, aux époques de faibles débits, rappellent les circonstances analogues des bassins terreux les plus favorablement conditionnés.

— Tout ce que je viens de dire pour une cuve s'applique à une succession de cuves, c'est-à-dire aux bassins hydrographiques eux-mêmes.

Il est évident que l'eau remplit chaque cuve et doit s'élever jusqu'aux sources ;

Que ces sources sortant avec vitesse doivent être poussées par des charges ;

Que la gravité étant la seule force à la disposition des eaux, il leur faut des pentes pour descendre de tous les points de la couche aquifère jusqu'au fond des vallées ;

Et que dès lors les nappes qui terminent supérieurement les couches aquifères doivent aller en montant depuis les sources jusqu'aux crêtes liquides.

On nous dit :

Que ces nappes sont *capricieuses, énormément irrégulières, indéterminables* ;

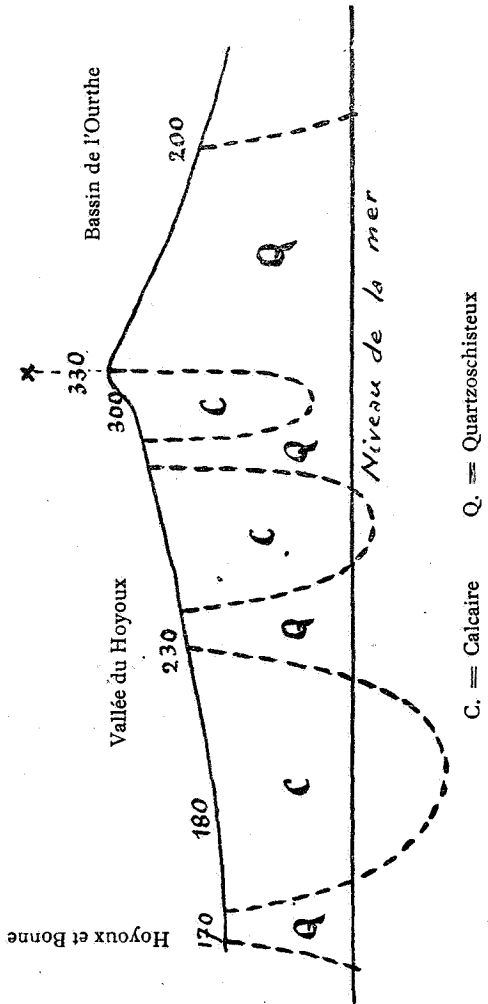
Qu'un puits qui a touché l'eau ne touche pas pour cela la couche aquifère ;

Que lorsqu'on a trouvé deux points de la nappe on n'a pas fixé sa ligne ;

BASSIN DU HOYOUX

PROFIL LONGITUDINAL

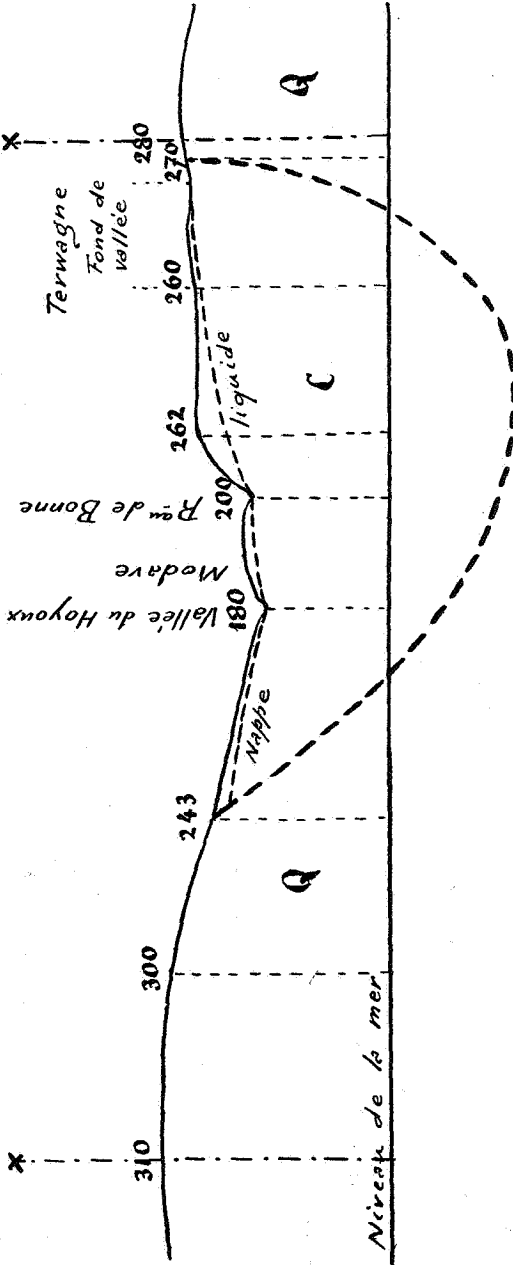
Fig. 4



PROFIL TRANSVERSAL

Fig. 5

Bassin du Hocq. Bassin de l'Ourthe



Échelle des }
 longueurs $\frac{1}{160,000}$
 hauteurs $\frac{1}{10,000}$

C = Calcaires. Q = Quartzschisteux.

Que les paysans s'installent sur les plateaux et en dehors des calcaires ;

Qu'il y a des apparitions, des disparitions, des réapparitions des sources et des courants, etc...

Rencontrons ces objections.

Du caprice, j'en vois beaucoup plus dans les imaginations que dans les bassins du Bocq et du Hoyoux.

Toutes les nappes sont irrégulières, même celles des eaux de Bruxelles, et leur inconstance se manifeste à des intervalles rapprochés par les sources qu'elles alimentent.

Les sources des calcaires considérés subissent-elles de plus brusques variations que celles des meilleures régions terreuses du pays? C'est plutôt le contraire que je constate aujourd'hui, et je suis bien forcé de confesser, sur le vu des observations faites, que si j'ai eu raison de m'élever contre les exagérations d'avant 1891, cependant elles n'étaient pas aussi excessives que je le supposais alors.

Pourquoi ces nappes aquifères ne seraient-elles pas déterminables !

Parce que — nous répond-on — les sondages à pratiquer seraient trop profonds, trop chers et peu sûrs?

J'estime qu'il y a là beaucoup d'erreurs.

D'abord, les niveaux aux sources, aux puits, aux ruisseaux permanents, bien coordonnés et mis en relation, tant avec les données météorologiques qu'avec les débits, doivent fournir déjà des indications sérieuses.

Ensuite, les coupes transversales tracées N. S. dans le bassin du Hoyoux montrent (voir fig. 4 et 5) que la couche aquifère peut être atteinte, soit par des forages courts, soit par des forages profonds, selon les positions choisies.

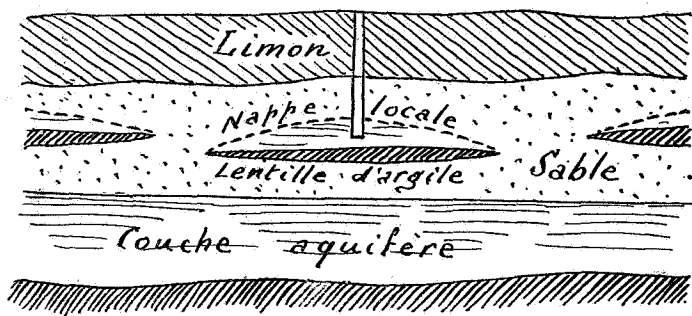


FIG. 6.

Sans doute, un puits peut toucher l'eau sans avoir pour cela pénétré dans la couche aquifère générale, mais cette observation s'applique à tous les bassins quelconques les mieux déterminés.

C'est ainsi que, sous la forêt de Soignes, j'ai rencontré des cas tels que celui figuré ci-contre (voir fig. 6).

Au sein des sables secs, supérieurs à la couche aquifère générale, sont intercalées des lentilles d'argile qui arrêtent l'eau filtrant au-dessus d'elles, et les paysans qui ne s'y trompent point, appellent cela de l'*eau sauvage*.

Évidemment, des singularités de ce genre peuvent exister dans les calcaires, quand notamment des blocs compactes gisent dans les masses fendillées; mais elles seront toujours aisément reconnues, ici comme dans la forêt de Soignes et ailleurs, par un bon levé préalable des données existantes.

Alors, deux points de la nappe, *suffisamment rapprochés*, ayant été trouvés, nous pourrons sans crainte les joindre pour fixer la nappe elle-même *en cet endroit et au moment de la détermination*.

De ce que les paysans qui s'établissent aux plateaux choisissent de préférence les bandes quartzoschisteuses, on a prétendu induire que tout est mystère dans les entrailles du calcaire. Mais pas du tout : cela prouve simplement que nos paysans sont pratiques.

Les plateaux du Condroz étant de brusques exhaussements sur les fonds des vallées, il en résulte que la profondeur moyenne de la *nappe liquide générale* doit y être exceptionnellement forte, et il suffit de jeter les yeux sur une bonne carte orographique pour prévoir que fréquemment les puits, pour plonger dans la *vraie couche aquifère*, devraient atteindre de 40 à 60 mètres de profondeur et au delà.

A 50 francs le mètre courant, cela fait 2500 francs.

De plus la pompe ordinaire, dans ces conditions, devient un instrument médiocre, l'exhaure est pénible et cher, et le paysan qui compte sur ses doigts, invite ses vaches à se mirer dans les belles sources voisines, tandis que lui bâtit sa ferme sur le quartzoschisteux, qui fournit des eaux beaucoup moins abondantes, mais plus abordables.

Quant aux *disparitions et réapparitions des eaux*, elles s'expliquent le plus simplement du monde.

Reprenons en effet la coupe transversale (fig. 4) passant par Modave. Nous la voyons, à droite, rencontrer le ruisseau de Bonne, et plus haut longer la vallée de Terwagne. J'y ai tracé la nappe liquide avec la pente de 1/4 pour cent qu'elle affecte souvent dans le Brabant, normalement aux vallées.

Il est entendu que les nappes oscillent, montent ou descendent, en tournant par rapport à la vallée comme la charnière autour de sa goupille.

Dans la position du croquis précédent (fig. 5), la nappe mouille les fonds de Bonne et de Terwagne. C'est qu'on est en période d'abondance. Mais si la sécheresse arrive, la nappe descendra ; l'eau disparaîtra à la dépression de Terwagne d'abord, au ruisseau de Bonne ensuite ; et si, habituellement, ces fonds sont à sec, c'est que l'inclinaison supposée de la nappe est trop forte, et que les éléments aqueux circulent en sous-sol avec moins de résistance que dans le sable calcareux du Brabant, au moins à cet endroit.

Il saute aux yeux qu'en région rocheuse, relativement accidentée, les phénomènes de l'espèce doivent se multiplier ; mais ce qui les produit, ce n'est pas l'irrégularité de la couche aquifère, c'est l'irrégularité de la surface.

C'est ainsi qu'ont lieu les disparitions des cours d'eau. Quand un ruisseau coule dans un fond de vallée, c'est que la nature a fait le nécessaire pour cela, par une pente assez régulière et un lit imperméable, ou rendu tel par la couche aquifère montée jusque-là. Mais ce ruisseau, je puis le faire disparaître quand je veux : il me suffit de jeter dans son lit quelques wagons de blocailles. Alors le ruisseau en amont relèvera son niveau : au moyen de son accroissement de chute, il traversera les blocailles et réapparaîtra à l'aval.

Pourquoi ne permettrions-nous pas à la nature ce qui est en la puissance du premier entrepreneur venu ?

LES SOURCES

Poursuivons l'examen hydrologique par l'observation des sources : de leurs débits, compositions, températures.

Pour les *débits*, je résume dans le tableau suivant les jaugeages effectués, de l'ensemble des sources émergeant au *Parc de Modave* :

Années	Pluies à Bruxelles	DÉBITS par 24 H.	NOTES
1887	587 ^{mm}	> 100 ^{m³} .000	Par déversoirs — douteux
1888	854	> 100. 000	id.
1889	758	86. 000	id.
1890	741	93. 000	id.
1891	668	»	
1892	599	64. 000	Par empotement — rigoureux
1893	554	58. 000	id.

Soit donc dans l'espace de six ans la réduction d'environ de 50 p. c. annoncée en 1891.

Pour les sources des régions supérieures du Hoyoux et du Bocq, dont les jaugeages eurent lieu par empotement, l'Intercommunale obtint les résultats ci-après :

BASSINS	Superficies totales	Superficies calcaires.	Années	DÉBITS minima par 24 h.	Rendement à l'hectare — jour	
					Total.	Calcaire
HOYOUX au confluent du ruisseau de St-Pierre	16.550 ^H	11.120 ^H	1892	103 ^m 3.600	6 ^m 3.26	9 ^m 3.40
			1893	95 ^m 3.900	5 ^m 3.80	8 ^m 3.62
BOCQ à l'aval de Spontin et son affluent le ruisseau de la Brugelette.	17.130 ^H	7.700 ^H	1892	91 ^m 3.700	5 ^m 3.35	11 ^m 3.80
			1893	87 ^m 3.700	5 ^m 3.12	11 ^m 3.40

A remarquer que si au bassin du Bocq le calcaire est proportionnellement moins répandu, il y pleut davantage et le sol passe pour être plus absorbant.

Et quant aux débits des deux rivières, pès de la Meuse, on les observa encore par déversoirs, mais avec plus de soins que jadis, et l'on releva ce qui suit pour 1892 :

BASSINS	Superficies totales.	Superficies calcaires.	DÉBITS journaliers minima.	Rendement à l'hectare — jour.	
				Total.	Calcaire.
HOYOUX	24.675 ^H	13.870 ^H	139 ^m 3.600	5 ^m 3.66	10 ^m 3.00
BOCQ	23.113 ^H	10.220 ^H	121 ^m 3.000	5 ^m 3.23	11 ^m 3.8

En 1893, les opérations ne se poursuivirent pas avec la même continuité qu'en l'année précédente, mais on assure que les diminutions de débits furent peu importantes.

Analysons ces rendements, tout à fait exceptionnels en Belgique, et recherchons si nous pouvons les admettre comme minima.

Pour cela, il convient de comparer d'abord la grande période de

sécheresse 1891-93 à celle de 1862-64, la plus intense et la plus longue que nous eûmes depuis la création de notre observatoire, en 1833.

Voici les chiffres :

Années 1862, pluies . . .	676 ^{mm} .	Années 1891, pluies . . .	668 ^{mm} .
» 63, »	591 »	» 92, »	599 »
» 64, »	449 »	» 93, »	554 »
» 65, »	667 »	» 94, »	?

Les trois premières années de chaque période ont donné respectivement, comme moyenne, 572 et 607 mm.

La première a donc été sensiblement plus déprimante que l'autre d'environ 6 p. c. et de ce chef seul tous les rendements précités sont à réduire.

De plus l'ancienne période a été la plus longue et pour cette raison une nouvelle réduction est à opérer.

Mais en fait, les décroissements de débits des régions supérieures signalées ont été si faibles, qu'en admettant la continuation de la sécheresse en 1894, on prévoit :

Que le Hoyoux eut produit encore 5^{m³},50 à l'hectare-jour,
Et le Bocq. 4^{m³},70 »

Et si, pour tenir compte de l'intensité plus grande de l'ancienne période sur la dernière, nous corrigeons ces taux de 6 p. c., soit même, pour se mettre à l'aise, de 10 p. c., alors ils deviennent définitivement 5^{m³} et 4 1/4^{m³} par hectare et par jour.

Pareilles corrections sont à introduire pour les bassins entiers.

Jusqu'ici, nous étions habitués à considérer le rendement de 4^{m³} à l'hectare-jour, comme applicable seulement aux bassins les mieux constitués du Pays, par exemple au bassin du Hain et à celui de la Dyle en amont de Louvain.

Le voici dépassé !

— Cela s'explique-t-il ?

— Oui, pour toutes les raisons précédemment développées :

- 1° Il tombe plus d'eau dans les bassins du Hoyoux et du Bocq qu'en Brabant;
- 2° Le sol y est beaucoup plus absorbant;
- 3° La filtration souterraine est apparemment plus longue;
- 4° L'emmagasinement probablement plus fort;
- 5° L'action capillaire peut être moins énergique dans les joints ou

fractures des roches que dans les interstices des éléments terreux, et par suite la proportion d'eau disponible plus considérable.

De ces cinq raisons, les trois dernières ne sont pas démontrées, mais les deux premières suffisent pleinement.

Étant donné ce que nous savons aujourd'hui au sujet des couches aquifères de ces régions et des sources qui s'en échappent, vérifions cette allégation autrefois soutenue par MM. Rutot et Van den Broeck de l'extension souterraine du bassin bien au delà de ses limites apparentes de la surface.

D'abord rien n'indique dans la topographie des lieux une pareille influence.

Les crêtes terrestres sont occupées, là comme ailleurs dans l'étendue considérée, par des alternances de bandes calcaires et quartzo-schisteuses.

Ces dernières sont à éliminer au point de vue de l'action drainante souterraine.

Restent donc les bandes calcaires.

Or, si d'une part M. Moulan a reconnu des rendements considérables du côté de l'Ourthe, d'autre part M. Walin en a observés de tout aussi extraordinaires du côté du Bocq. Il y aurait donc tout au plus influence réciproque ?

Mais après la constatation des produits unitaires exceptionnels des calcaires du Hoyoux, on a trouvé des produits plus exceptionnels encore pour les calcaires du Bocq : ce seraient donc plutôt ces derniers qui draineraient les autres ?

Ce n'est cependant pas ainsi que j'entends conclure. Nulle part il n'existe de concordance absolue entre les crêtes terrestres et les crêtes liquides, même dans les bassins terreux les plus réguliers.

Toutefois, les différences sont en général de peu d'importance ; il est probable que c'est encore ce qui se présente aux régions qui nous occupent ; et pour être fixé sur le degré de discordance il eût fallu, comme je le disais en 1891, le levé de leurs nappes liquides.

Passons aux *observations chimiques et thermiques*.

Il n'y a point de bassins impeccables. Les meilleurs donnent lieu à des critiques plus ou moins nombreuses au sujet de la qualité de leurs eaux, et l'un des mieux réputés comme des mieux connus, le bassin du Hain qui concourt à l'alimentation de Bruxelles, eut à subir naguère de bien vifs reproches. En effet, ses sources, avant leur dérivation, émergeaient le long et dans le voisinage du thalweg, au bord du limon

gras qui forme le lit de la rivière.} Par les temps secs, cette terre compacte se gerçait, et à la moindre pluie — il pleut en Belgique pendant plus d'un jour sur deux — les ruissellements de la surface tombaient dans les fendillements, les remplissaient de leurs dépôts infectés, altéraient profondément les sources, et désorganisaient leurs réseaux draineurs naturels, de telle sorte que la pollution persistait même après cessation complète des pluies.

On sait qu'à l'origine les prises d'eau furent pratiquées à l'émergence. Le mal subsista donc et fut même aggravé par les visites de grenouilles, de taupes, de rats qui, entraînés dans les branchements, et de là dans les collecteurs, le grand aqueduc, le réservoir et les canalisations distributrices, y pourrissaient ou venaient échouer dans les compteurs et les tuyauteries particulières, pour y déterminer souvent une intolérable fétidité.

Je dus dépenser des centaines de mille francs pour corriger ces vices, et la réfection fut en majeure partie obtenue par la substitution, à ces prises superficielles, de drains abaissés et poussés aussi profondément qu'il fut possible sous les versants de la vallée.

Voilà les surprises auxquelles exposent les bassins modèles ; ne soyons donc pas étonnés que, dans les régions calcaires, tout ne soit pas irréprochable.

Ce que l'ingénieur doit rechercher ce n'est pas la perfection, c'est la moindre imperfection, et son art doit s'exercer à la réduire de son mieux.

A ce propos on a fait état d'un rapport de M. Rutot publié en mai 1893 et dénonçant certains ruisseaux, affluents du Hoyoux, comme susceptibles de fournir des eaux insuffisamment élaborées.

J'ai objecté alors que c'était sans importance pratique et que selon toute probabilité on trouverait le moyen d'y remédier. Les constatations de notre confrère M. Walin sont venues pleinement confirmer ces prévisions.

D'ailleurs, le même géologue avait antérieurement fait l'éloge des sources du Hoyoux et du Bocq, et les analyses longuement poursuivies de M. Depaire, professeur à l'Université de Bruxelles, ont depuis lors répandu une vive lumière sur le sujet.

Il a reconnu, pour toutes les sources de quelque valeur de ces deux rivières :

Une limpidité parfaite ;

Une saveur agréable ;

Des températures de 10 à 11 à 12° centigrades;

Et comme bactéries pathogènes : néant.

Pour les sources du **Hoyaux** il a relevé :

Des résidus salins de 289 à 300 milligr. au litre;

Et comme dureté 27° à 28° hydrotimétriques.

Pour les sources du **Bocq** il a enregistré :

Des résidus salins de 210 à 335 milligr. par litre;

Et comme dureté de 18 à 20° hydrotimétriques.

Considérées dans leur ensemble, ces sources sont donc très comparables à celles des bassins sablo-calcaireux de l'Entre-Senne-Dyle-et-Gèthe, du Bois de la Cambre, de la Forêt de Soignes, des régions crétacées de Mons, de Liège, du Geer; des roches calcaires de Tournai, de Soignies, de Rhisnes et des régions condrusiennes.

Ce sont d'excellentes eaux à boire, très saines, mal lessivantes et médiocres pour la plupart des industries; elles témoignent d'une longue et très lente filtration, d'une descente profonde en sous-sol, et d'une élaboration intime sous le contact prolongé d'éléments actifs et complexes.

Prises d'eau, serremments.

Il me reste à parler des *prises d'eau* et des *serremments*.

Faut-il capter les sources à l'émergence ou en profondeur?

Précédemment j'ai déjà condamné la première méthode et fortement recommandé la seconde pour les raisons suivantes :

Parce que les sources étant les déversoirs des réserves souterraines, dont les niveaux ou nappes sont toujours mobiles, même dans les situations les plus favorables, on risque, en agissant différemment, de perdre son bien au juste moment où il devient le plus nécessaire;

Parce que par les prises effectuées près du sol on est exposé à toutes les souillures;

Parce que les grandes pluies et les inondations compromettent alors ces ouvrages et leurs produits;

Parce que plus on les établit profondément, plus on pénètre dans la couche aquifère, plus on écarte les mauvaises influences de toute nature, plus les eaux recueillies offrent de garantie comme quantité, comme qualité, comme température et comme régularité de débit.

Les objections qui me sont opposées sont celle-ci :

Tout est indéterminé dans les calcaires du Hoyoux et du Bocq;

Leurs eaux circulent souterrainement par des voies inconnues;

Les unes peuvent être bonnes, les autres mauvaises;

En creusant profondément les prises, sous forme de galeries drai-

nantes, par exemple, on court à l'aventure et l'on recueille toutes les eaux quelconques ;

La conséquence est donc qu'il faut reconnaître une à une toutes les sources, faire le triage, et capter celles-là seulement au sujet desquelles tous les apaisements ont été obtenus.

J'ai montré que ce sont là des hypothèses qui ne reposent sur rien, et que toutes les constatations opérées concourent à établir que, pour chaque dépôt calcaire, les filtrations souterraines descendent dans une vaste couche aquifère unique, d'où sortent toutes les sources.

Comme preuve de la nécessité d'établir les prises à l'émergence, on nous a rappelé celles que proposait M. Van Hoegaerden dans le projet de Modave et que je reproduis ici :

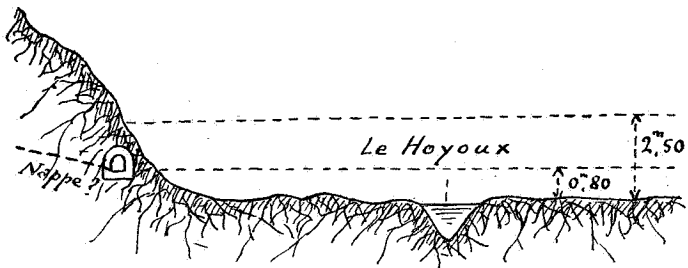


FIG. 7

Cette prise était donc formée par une galerie à fleur du sol et à 80 centimètres au-dessus du niveau habituel de la rivière.

C'était à l'époque où la commission gouvernementale imprimait que jamais le Hoyoux ne montait au delà.

Cependant, quelques temps après, le torrent subitement enflé, éleva son niveau à la hauteur de 2^m.50 !

Alors on se pose cette question : « Que fut devenue en pareille occurrence la prise de Van Hoegaerden ? »

Et l'on se donne cette réponse : « Elle eut été noyée, peut-être anéantie ! »

Mais cette réponse n'est-elle pas en même temps la condamnation des captages à l'émergence ? Évidemment. Ajoutons que M. Van Hoegaerden ne traçait pas de la sorte ses prises d'eau *ne varietur*. Celle que je viens d'indiquer avait donc de graves et multiples défauts, et le plus dangereux de tous, qu'on omet de signaler, c'était la perte totale de l'eau possédée en période de grande sécheresse.

Pour remédier d'un coup à ces vices, il y avait lieu de conseiller :

- 1° La détermination de la nappe liquide et de ses oscillations maxima;

- 2° Le creusement de la prise sous le niveau le plus bas de cette nappe;

- 3° Son enfoncement dans la roche;

- Et 4° les précautions d'usage pour les revêtements.

Quant aux *serrements*, nous savons qu'ils servent à relever artificiellement la nappe aquifère pour emmagasiner en sous-sol des masses d'eau plus au moins considérables.

Or, selon l'ingénieur directeur actuel du service des eaux de la ville de Bruxelles, ces ouvrages, excellents dans les terrains du Bois de la Cambre, par exemple, sont illusoire pour les bandes calcaires du Condroz.

Mon sentiment est diamétralement opposé au sien.

La galerie du Bois de la Cambre plonge à environ 5 ou 6 m. en contrebas de la nappe liquide primitive.

Supposez ce drain totalement obstrué : le drainage serait supprimé de fait et la nappe liquide remonterait à son ancien niveau. Si on le désobstruait, toute l'eau emmagasinée affluerait d'abord, puis viendraient les venues normales.

Le moyen de réaliser ces effets consiste à barrer le drain — quand le terrain s'y prête, — et à ménager au travers du barrage, dans la galerie, une tubulure munie d'un robinet.

C'est ainsi que Dumont a établi le serrement de la galerie des eaux de Liège à sa traversée de l'argile;

C'est ainsi que j'ai construit un premier serrement provisoire pour la galerie d'Ophain-Lillois dans le limon gras de la vallée; puis un deuxième serrement en amont, dans le bruxellien compacte.

Mais au Bois de la Cambre, les terrains ne conviennent absolument pas : ils sont à la fois trop perméables et trop peu résistants, et l'on a choisi, pour y fonder un barrage, l'endroit le plus défavorable, une partie de sables bouillants pour la traversée desquels j'eus à vaincre les plus grandes difficultés.

Personne n'imaginerait sans doute de jeter un mur en travers d'une rivière coulant dans un lit de sable. Il est clair que le relèvement de l'eau en amont ne serait d'abord qu'insignifiant, et que bientôt il provoquerait des affouillements à la base et sur les côtés de l'obstacle, pour le miner et le détruire avec tous les ouvrages voisins.

Telle n'est pas la situation aux bandes calcaires du midi de la Meuse,

où la roche est résistante et ne peut donner lieu à des affouillements compromettants.

Si donc, dans ces terrains, les drains divers, galeries ou conduits, étaient percés *sous* la nappe liquide, et si de plus on y trouvait, comme aux drainages de Liège et d'Ophain-Lillois, des massifs compacts pour y encastrer les barrages, alors le relèvement de la nappe deviendrait possible, et l'emmagasinement souterrain de l'eau serait d'autant plus abondant que cette nappe aurait subi une plus forte dépression et que les solutions de continuité de la roche en amont se présenteraient en plus grande part.

CONCLUSIONS

Pour terminer j'oppose à M. Putzeys les conclusions suivantes :

Contrairement à ce qui a été prétendu, les engouffrements superficiels, dans les bassins du Hoyoux et du Bocq, sont d'infime importance et peuvent être corrigés.

Contrairement à ce qu'on affirme, la descente des eaux en sous-sol ne s'opère point en cascades, ni rapidement; tout annonce au contraire, par les parois existantes, les débits et la qualité des sources, qu'elles cheminent avec une extrême lenteur.

La couche aquifère se forme dans les calcaires fortement divisés, comme dans les bassins terreux.

Cette couche aquifère se termine supérieurement par une nappe qui s'établit toujours — comme dans les bassins terreux — en s'inclinant vers les fonds de vallées où émergent les sources.

Sans doute, la nappe liquide n'est-elle pas aussi continue dans les roches fissurées que dans les terrains finement arénacés, mais la continuité doit s'entendre, non dans le fait matériel, mais dans les hauteurs piézométriques.

L'interruption matérielle des couches aquifères et de leurs nappes s'accuse aussi bien dans les sous-sols terreux que dans les calcaires rocheux, par le moyen de leurs portions compactes.

Contrairement à ce qu'on affirme, la nappe, aux bassins considérés, est parfaitement déterminable, et probablement à peu de frais dans les conditions suffisantes pour la pratique.

Rien ne permet d'annoncer que le bassin souterrain du Hoyoux empiète sur les autres voisins; tout concourt à prouver que les empiètements réciproques, s'ils existent, sont de peu de conséquence finale.

Les jaugeages jusqu'ici opérés assurent aux bassins du Hoyoux et du Bocq, et en période de sécheresse comparable à celle de 1862-65, des

rendements à l'hectare-jour très rapprochés de 5 m³ et de 4 m³ 1/4 respectivement.

Les sources sont d'excellente qualité, mais dures; et les exceptions ici ne sont pas plus inquiétantes que celles des meilleures régions du Brabant.

Le levé de la nappe liquide et la recherche de ses oscillations maxima sont indispensables à l'établissement judicieux des prises d'eau et pour conjurer les surprises dangereuses des temps arides.

Ces prises sont à effectuer le plus profondément possible pour sauvegarder la quantité, la qualité, la régularité des sources acquises.

Contrairement à ce qui a été soutenu, un serrement dans les sables bouillants est une hérésie, et celui construit sous le Bois de la Cambre, si jamais il fonctionne, ne sera que compromettant pour l'ouvrage qu'il traverse; au contraire, un serrement sera de bonne application dans les calcaires du Condroz, à la double condition d'être installé sous la nappe minima et encastré dans un massif compact et résistant.

A la suite de cette communication, une discussion, à laquelle prennent part MM. *Kemna, Dupont, Putzeys, François, Delecourt-Wincqz, Walin, Blanchart* et *Cordeweener*, s'engage au sujet de divers points.

De cette discussion, il paraît résulter que le filtrage artificiel des eaux destinées à l'alimentation est critiqué et abandonné dans certaines localités, et que la ville de Francfort s'alimente par puits artésiens. Il est de nouveau question de l'alimentation de Paris, des épidémies qui se sont déclarées dans cette ville et de la circulation des eaux dans les calcaires. Enfin, en ce qui concerne la question de l'influence des calcaires dans les travaux de mine, M. Blanchart dit que de nombreux coups d'eau ont eu lieu dans certains charbonnages, à cause de la proximité du calcaire et que les directeurs d'exploitations redoutent en général l'approche des calcaires dans leurs travaux.
