

Notes sur l'hydrologie du littoral belge,

PAR

René D'ANDRIMONT ⁽¹⁾.

Si l'on faisait un sondage à grande profondeur en un point quelconque des dunes du littoral belge, entre Ostende et Blankenberghe, on rencontrerait, selon toute probabilité, d'après les puits artésiens forés en ces deux endroits, la succession de terrains figurée dans le croquis de la page 1130 (fig. 1), et les épaisseurs de ces différentes couches se répartiraient à peu près comme l'indique ce croquis.

Voyons quels sont les niveaux aquifères que nous pouvons y rencontrer.

La craie des terrains secondaires paraissait devoir fournir une source d'eau de grande importance. Le puits artésien d'Ostende a démontré qu'elle est compacte et qu'elle ne donne que peu ou point d'eau, vraisemblablement parce que cette craie n'a jamais été émergée.

Les sables landéniens constituent un deuxième niveau aquifère, composé d'une ou de plusieurs nappes séparées entre elles par des couches d'argile et les sables eux-mêmes sont isolés des terrains secondaires par les argiles du Landénien inférieur.

Le puits artésien de Blankenberghe, qui tire ses eaux de ces nappes, fournit une eau jaillissant à un mètre du sol, à raison de 150 litres à la minute. Malheureusement, cette eau est salée, légèrement sulfureuse et sa température est de 20° centigrades.

(¹) Communication faite à la séance du 23 mai 1902.

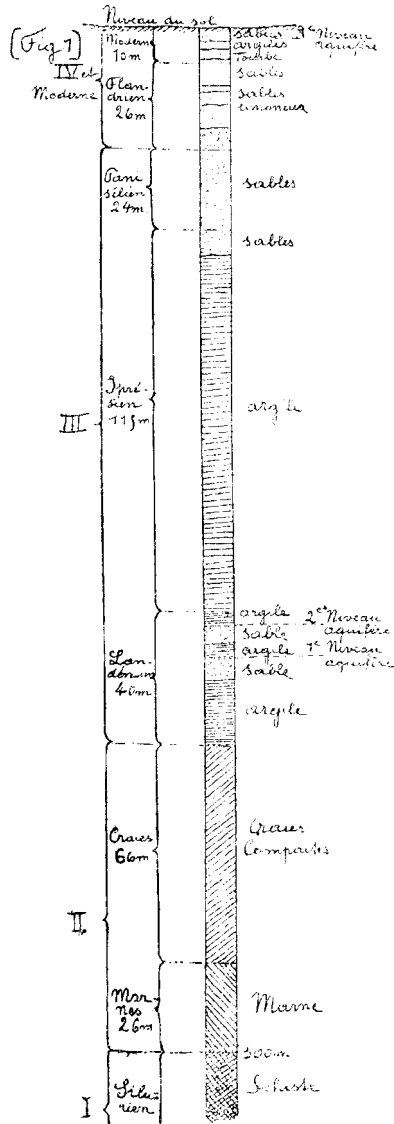


FIG. 1.

Cette salure pourrait être provoquée par le voisinage de la mer et M. Rutot croit qu'elle provient de l'affleurement du Landénien entre Dunkerke et Calais. Les eaux de la mer s'écouleraient, par gravité, jusque Blankenberghe, où elles se mélangeraient à l'eau douce s'écoulant également par gravité et qui proviendrait de l'affleurement continental du Landénien.

Au-dessus de ce niveau, on rencontre une forte épaisseur de terrains argileux et d'argile plastique.

Ces terrains appartiennent à l'étage yprésien et interceptent toute communication entre les eaux des terrains supérieurs et celles du Landénien.

Les terrains plus récents que l'Yprésien sont représentés par le Panisélien, le Flandrien, et par toute une série de terrains modernes.

Ces derniers se composent, en règle générale, d'alternances de sables, de sables argileux, d'argile et de tourbe.

On y rencontre une nappe aquifère connue sous le nom de nappe superficielle des dunes, et l'on peut supposer qu'elle est continue, en profondeur, jusqu'au sommet des argiles yprésiennes, soit sur une épaisseur de 60 m. environ.

Ces terrains sont, croyons-nous, assez perméables, vu le peu d'épaisseur, le peu de continuité et la nature même des argiles que l'on y rencontre.

Voici, du reste, les résultats d'un sondage exécuté à Coq-sur-mer et qui représente assez bien les épaisseurs moyennes des différentes couches modernes entre Ostende et Blankenberghe.

<i>ale</i>	Sable des dunes	3 ^m .02
<i>alp2</i>	Sable mélangé de terre glaise . .	0 ^m .88
<i>alq</i>	Sable mélangé de coquillages . .	1 ^m .40
<i>alq</i>	Sable bleu	1 ^m .47
<i>alp1</i>	Sable mélangé de terre glaise . .	0 ^m .19
<i>alr2</i>	Sable gris	0 ^m .84
<i>t</i>	Tourbe	1 ^m .00
<i>alr1</i>	Argile	1 ^m .30
		10 ^m .10

Les dunes laissent s'écouler, en toute saison, de l'eau vers l'intérieur des terres et vers la mer.

Une coupe quelconque, faite dans les dunes perpendiculairement au rivage de la mer, nous montre que la nappe aquifère est bombée (fig. 2).

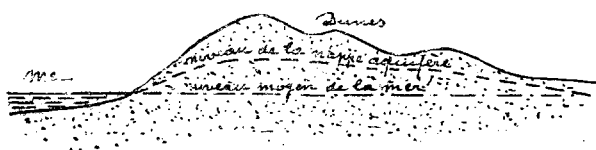


FIG. 2.

Le niveau de celle-ci est, en moyenne, de 4^m.60 au-dessus de celui de la basse mer ⁽¹⁾ et, à certains endroits, il s'élève même à 5 mètres.

Tout contre la mer et vers l'intérieur des terres, aux endroits où l'eau suinte, le niveau varie entre 3 et 4 mètres.

D'autres causes locales viendront également influencer sur le niveau de la nappe aquifère : une dépression dans les dunes, par exemple, produira une dépression dans la nappe. L'évaporation de l'eau, plus facile en ces endroits, explique ce phénomène.

Une partie de l'eau de pluie tombée dans les dunes, s'infiltrant à travers les sables, alimente cette nappe aquifère et l'on remarque que le niveau moyen de l'eau, dans les dunes, varie fort peu avec les saisons.

Nous chercherons tantôt à expliquer ce fait.

Connaissant l'allure superficielle de cette nappe, cherchons maintenant ce qu'elle devient en profondeur. Est-elle continue depuis le niveau du sol jusqu'au sommet des argiles yprésiennes, vers 60 m. de profondeur, ou bien est-elle divisée en plusieurs nappes distinctes, par des couches d'argile d'une épaisseur suffisante pour empêcher toute communication entre elles?

En tout état de cause, ces eaux doivent être en relation directe avec la mer, les terrains étant, tous, à peu près horizontaux.

La figure ci-contre (fig. 3) nous le montre clairement.

Supposons d'abord que la couche aquifère soit continue jusqu'au niveau des argiles yprésiennes et cherchons à élucider la question de savoir à quelle profondeur se produit le contact entre l'eau salée et l'eau douce.

Remarquons, en premier lieu, que la transition entre

(1) Ce niveau est inférieur au zéro de la carte topographique militaire.

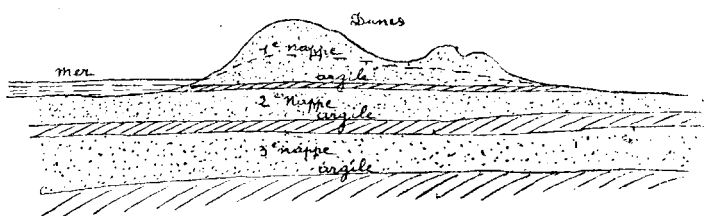


FIG. 3.

L'eau douce et l'eau salée, ne sera jamais brusque et que nous passerons insensiblement par tous les degrés de salure intermédiaires.

La diffusion lente et graduelle de la solution salée dans l'eau pure en sera la cause.

Un ingénieur allemand, M. Herzberg, vient de jeter un jour nouveau sur cette question dans une récente conférence qu'il a faite à la « Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern », à Vienne (1901).

À sujet d'une prise d'eau qu'il avait construite dans les sables de l'île de Nordeney, l'une des îles de la Frise allemande, il a remarqué, comme nous, que le niveau de l'eau douce dans les sables est partout supérieur au niveau moyen de la mer. Il a longtemps cherché, dit-il, la clef de ce mystère et il finit par en trouver l'explication suivante, la seule, ajoute-t-il, que l'on puisse donner à ce sujet. Il n'est, cependant, pas impossible d'expliquer ce phénomène par une autre cause, comme nous le verrons dans la suite.

D'après M. Herzberg, l'eau douce flotterait sur l'eau salée comme un bouchon et la différence de densité de ces deux liquides expliquerait pourquoi la surface de la nappe aquifère est supérieure au niveau moyen de la mer. Voici, me semble-t-il, comment il est possible de s'imaginer le régime établi : la couche d'eau douce, refoulée, par les eaux salées du sous-sol, à un niveau supérieur à celui de la mer,

laisserait s'écouler son trop-plein vers les terres et vers la mer, en constituant, si l'on peut s'exprimer ainsi, une sorte de nappe artésienne à débit extrêmement lent. L'alimentation de cette nappe artésienne se ferait uniquement par les eaux météoriques descendant dans les couches plus ou moins perméables du sous-sol et ce, sans courant aucun dans le sens horizontal.

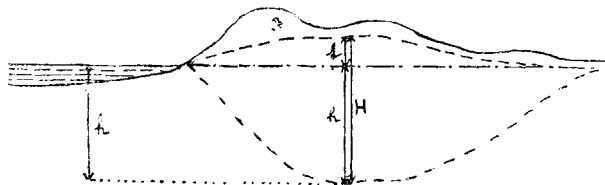


FIG. 4

Soit t la différence de niveau entre la nappe aquifère et la mer (fig. 4), H l'épaisseur de la couche d'eau douce, et h la profondeur à laquelle on rencontre l'eau salée, comptée à partir du niveau moyen de la mer; soit enfin d la différence de densité des deux liquides.

Nous pourrions écrire l'équation suivante :

$$H = h + t$$

$$H = h (1 + d)$$

d'où nous tirerons :

$$t = hd$$

$$h = \frac{t}{d}.$$

Il serait donc possible, par cette formule, de calculer la profondeur h à laquelle on est exposé à trouver de l'eau salée en un endroit déterminé, lorsque l'on connaît t , niveau de la nappe aquifère compté à partir du niveau moyen de la mer. M. Herzberg a fait, dit-il, de nombreuses expériences qui ont partout démontré, à quelques mètres près, l'exactitude de cette formule.

Il convient de remarquer, cependant, que ces expériences ont été faites dans une île et que les terrains rencontrés depuis le niveau du sol jusqu'à la profondeur de 100 m. s'y composent exclusivement de sables grossiers, de sables fins et d'une assez petite quantité de sable plus ou moins argileux. Tous ces terrains sont, par conséquent, d'une composition assez homogène et parfaitement perméables.

Si nous appliquons maintenant cette formule au cas particulier de la nappe aquifère des dunes entre Ostende et Blankenberghe, nous obtiendrons, le niveau moyen de la mer étant à 2^m.25 au-dessus du niveau des basses eaux, et la cote moyenne de la nappe des dunes étant 4^m.60 :

$$t = 4.60 - 2.25 = 2^m.35;$$

$$d = 0.027;$$

$$h = \frac{t}{d} = 87 \text{ m.}$$

La formule nous indique donc une épaisseur moyenne de 87 mètres pour la couche d'eau douce contenue dans le sous-sol des dunes.

Nous allons déduire d'autres conclusions encore, de la formule de M. Herzberg; mais, auparavant, il semble qu'en ce qui concerne le cas du littoral belge, il faut faire certaines réserves avant de l'appliquer.

1) Les couches de terrains du sous-sol de nos dunes sont beaucoup plus irrégulières que celles de l'île de Norderney et l'argile s'y rencontre en beaucoup plus grande abondance, ce qui, ou bien empêchera tout contact entre les eaux de la surface et les eaux profondes, ou bien obligera l'eau tombée à la surface du sol, à faire de grands détours avant de trouver une issue vers les couches inférieures.

Ces irrégularités provoqueront, en tout état de cause, des pertes de charge considérables et empêcheront les eaux de prendre le niveau réel qu'elles prendraient dans deux vases communiquants.

On trouverait peut-être à justifier, de cette façon, certaines dénivellations de la nappe aquifère, difficiles à expliquer par des dépressions de terrain ou par capillarité.

2) Il est probable que l'on rencontrera l'argile yprésienne avant d'avoir atteint cette profondeur de ± 87 m. et, par conséquent, l'eau serait douce jusqu'à ce niveau géologique.

3) L'eau salée ne se trouve que d'un côté des terrains aquifères, ce qui modifie essentiellement le schéma que l'on peut se faire de la surface de contact des eaux douces et des eaux salées. Supposons, pour quelques instants, que l'Yprésien se trouve à une profondeur plus grande que celle à laquelle il se trouve en réalité (fig. 5).

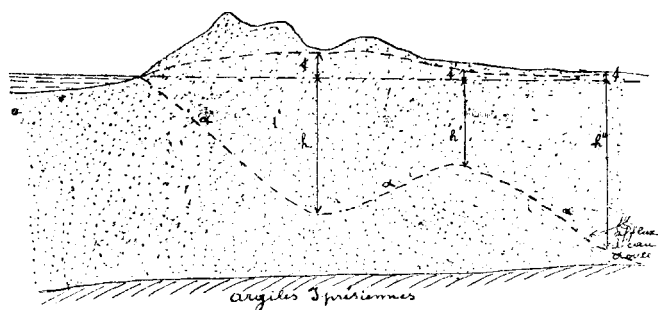


FIG. 5.

D'après la formule $h = dt$, les ordonnées h , h' , h'' seront proportionnelles à t , t' , t'' .

Si nous supposons une surface de séparation nette, z , entre les eaux douces et les eaux salées, nous verrons aisément, en nous rapportant aux cotes de niveau de la nappe aquifère, que la profondeur à laquelle on rencontre cette surface z ira d'abord en croissant à partir de la côte, qu'elle sera maximum vers le milieu de la région dunière,

puis, qu'elle diminuera de nouveau, en s'éloignant de celle-ci.

Si l'on continuait à appliquer, de point en point, la formule, on en arriverait à cette conclusion que, partout où, dans l'intérieur des terres, le niveau des eaux souterraines s'abaisse jusqu'au niveau moyen de la mer, on ne trouverait plus que de l'eau salée. Cette conclusion serait absurde. En réalité, à partir d'une certaine distance de la mer, les ordonnées h iront de nouveau en croissant, et la profondeur à laquelle on rencontrera l'eau salée ira en augmentant, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la côte. L'on pourrait donner à ce fait l'explication suivante. La pente des terrains et, en particulier, des argiles yprésiennes, est dirigée vers la mer. Les eaux douces du continent, s'écoulant le long des assises imperméables, refoulent les eaux salées et luttent contre la diffusion de ces eaux vers le continent. Par conséquent, en s'éloignant vers l'intérieur des terres, la proportionnalité entre h et t ne subsiste plus; la formule est inapplicable et c'est la différence essentielle entre l'hypothèse d'un continent et le cas spécial d'une île, envisagé par M. Herzberg.

En réalité, les argiles yprésiennes imperméables se trouvent à une profondeur moindre que celle où, théorique-

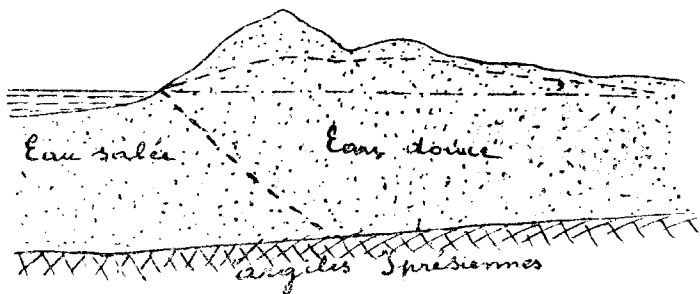


FIG. 6.

ment, on est exposé à trouver de l'eau salée et nous aurons probablement le schéma ci-contre (fig. 6); toute l'eau supérieure aux argiles yprésiennes serait donc douce.

Comme nous le disions tantôt, on peut, aisément, trouver une autre explication que celle de M. Herzberg, à la différence de niveau constatée entre la nappe aquifère des dunes et le niveau moyen de la mer et cela, sans faire appel à des raisons de capillarité ou autres.

Il suffit, pour cela, qu'il soit permis de supposer que, à une profondeur peu considérable, il existe une couche d'argile suffisamment imperméable pour retenir les eaux à un niveau supérieur à celui de la mer (fig. 7). La nappe,

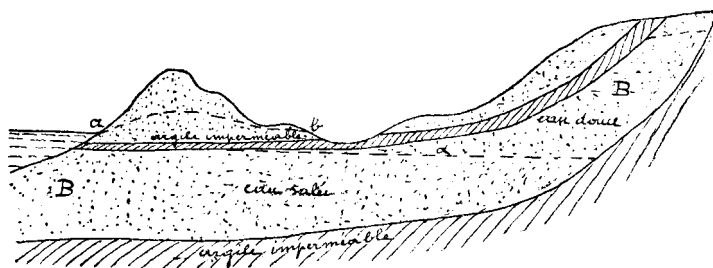


Fig. 7.

s'écoulant tout naturellement sur les deux versants des dunes, du côté de la mer, en *a*, et du côté du continent, en *b*, produirait l'allure constatée. Il serait possible, sans être probable cependant, que les argiles des polders supérieures, *alp2*, ou inférieures, *alp1*, remplissent ce rôle. Je dis que cela n'est pas probable car, dans cette hypothèse, il serait fort malaisé d'expliquer l'extraordinaire constance du niveau de la nappe des dunes aux différentes époques de l'année et après des essais de pompages énergiques et prolongés, dont les résultats m'ont été communiqués,

tandis que, dans la première hypothèse, cette constance s'explique facilement, comme nous le verrons tantôt.

Dans le cas d'argiles imperméables, l'équilibre entre l'eau de mer et l'eau douce pourra s'établir pour un niveau aquifère inférieur, tel que *B*, et le niveau de la surface de séparation des deux eaux dépendra, évidemment, du niveau de la zone alimentaire de la nappe *B*.

Bien mieux, on peut imaginer une disposition de terrain telle, qu'il serait possible de rencontrer de l'eau douce à un niveau inférieur à celui où l'on rencontre de l'eau salée. Il suffit, pour cela, de l'existence d'une nappe aquifère dont la zone alimentaire se trouverait assez bien au-dessus de la zone alimentaire de la nappe supérieure (fig. 8).

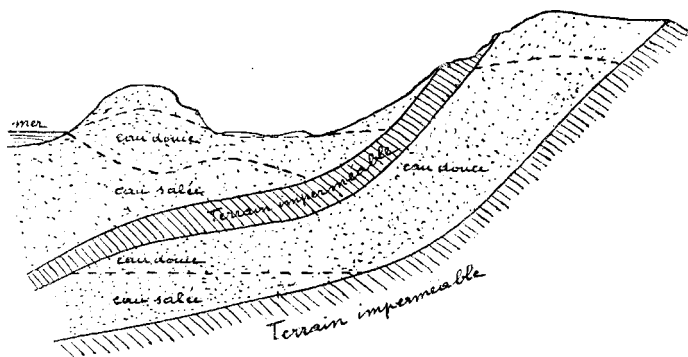


FIG. 8.

Étant donné que les couches d'argile que l'on peut rencontrer depuis le niveau du sol jusqu'au niveau de l'Yprésien sont, pour ainsi dire, confinées dans les terrains modernes, qu'elles sont distribuées assez irrégulièrement, que les épaisseurs en sont peu considérables et qu'elles sont plutôt *limoneuses* qu'*argileuses*, il est à supposer que les eaux trouvent une issue en profondeur et qu'elles

viennent, à un certain niveau, en contact avec les eaux salées. Je suis donc tenté de croire que la théorie de M. Herzberg peut s'appliquer à notre littoral belge, pas aussi rigoureusement peut être que dans le cas de l'île de Norderney, mais dans une certaine mesure, cependant, et d'autant plus, que les couches d'argile seront moins nombreuses et mettront moins d'obstacle à la descente verticale des eaux de pluie tombant à la surface des dunes.

Il nous reste à envisager, avant d'aborder le côté pratique de cette question, quelle sera l'influence des marées sur le niveau de la nappe aquifère. En réalité, le niveau des eaux douces, dans les dunes, oscille fort peu, tout au plus de quelques centimètres à la suite de chaque marée. Supposons une certaine épaisseur d'eau douce flottant sur l'eau de mer. Lorsque la marée fait osciller le niveau de celle-ci de 2 m. au dessus ou en dessous du niveau moyen de la mer, il faudrait, semble-t-il, pour que l'équilibre ne soit pas rompu, que la nappe aquifère des dunes oscille de la même quantité.

Mais il ne faut pas perdre de vue que cette pression de + 2 m. d'eau salée doit se transmettre à travers une soixantaine de mètres de sables fins et de limons. La perte de charge est trop considérable et, sur le court espace de temps d'une marée, la pression n'a pas le temps de se communiquer à la nappe superficielle, dont le niveau oscille tout au plus de quelques centimètres.

Cette oscillation, et c'est ce que l'on constate en réalité, aura un retard sur la marée, retard d'autant plus grand, que les terrains opposeront, au mouvement de l'eau, une résistance plus considérable.

* * *

Abordons le côté pratique de la question des eaux du littoral. Celui-ci, comme nul ne l'ignore, manque en eau

potable. Il n'y a pas d'eau dans les terrains secondaires du sous-sol : les nappes artésiennes du Landénien fournissent des eaux de mauvaise qualité : l'Yprésien, formé d'argile, en majeure partie, n'en contient pas. Nous sommes donc réduits à chercher de l'eau dans les terrains paniséliens, flandriens et modernes, c'est-à-dire à une profondeur ne dépassant pas 60 à 80 mètres.

Si les banes d'argile ne sont pas suffisants pour empêcher l'eau de s'écouler en profondeur, la connaissance de la formule exposée ci-dessus, nous met à même, en premier lieu, de déterminer approximativement à quelle profondeur l'eau deviendra salée et impropre à la consommation.

Elle nous permet, par conséquent, de juger de l'épaisseur de la couche aquifère d'eau douce et, par suite, de la réserve accumulée dans les dunes et dans le sous-sol de celles-ci, réserve évidemment *de beaucoup supérieure* à celle ordinairement admise, si l'on adopte cette théorie.

En second lieu, et c'est ici la déduction la plus importante et en même temps la plus curieuse que l'on puisse tirer de cette étude, il serait possible d'épuiser toute cette réserve d'eau sans *descendre*, par puits ou par galeries, au dessous du niveau moyen de la mer.

Il suffirait d'atteindre ce niveau ou, tout au plus, un niveau tel que la couche filtrante naturelle soit suffisante pour purifier l'eau de pluie qui pénètre dans le sol.

En effet, supposons (fig. 9) que nous épuisions la tranche supérieure de la couche aquifère, sur une épaisseur $t-t'$; l'équilibre sera rompu.

L'eau de mer refoulera l'eau douce à un niveau t'' et remontera d'une quantité $h-h''$ telle, que la formule $t''=h''d$ soit encore vérifiée.

La réserve d'eau ne sera donc épuisée que lorsque $h=0$ et $t=0$ et non lorsque $t=0$ seulement.

Par conséquent, l'eau salée fait tout le travail. Cette

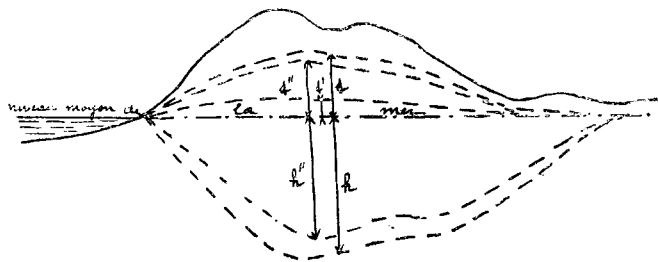


FIG. 9.

considération nous permet d'entrevoir une grande économie; des galeries captantes ou des puits abyssins de quelques mètres de profondeur mettraient à notre disposition une réserve d'eau beaucoup plus considérable qu'on n'eût pu s'y attendre.

Il ne faut pas perdre de vue non plus, qu'en ayant la faculté d'obtenir l'eau à peu de profondeur, cette eau est de meilleure qualité. On remarque, en effet, que les eaux puisées à une certaine profondeur, sont, non seulement difficiles à séparer du sable, dont la finesse de grain augmente avec celle-ci, mais encore qu'elles sont de qualité suspecte, à cause de la tourbe que l'on est exposé à rencontrer dès que l'on descend au dessous de la cote zéro.

Le fait de pouvoir disposer d'une eau saine, sans grands frais et *sans produire de dénivellation constante* dans la nappe aquifère, est de la plus grande importance pour les villes du littoral, où la consommation est de beaucoup plus grande pendant les mois d'été, alors que le réservoir naturel n'en reçoit que des quantités insignifiantes; ce réservoir de grande capacité permet de compter sur la moyenne de plusieurs années et, surtout, met à même de disposer, pendant la saison balnéaire, de la presque totalité des eaux qui s'infiltrèrent pendant l'année entière,

et ce, très économiquement, puisque l'eau viendra à nous au fur et à mesure de nos besoins.

A strictement parler, elle ne remontera pas au fur et à mesure du pompage. La circulation de l'eau dans les sables fins étant lente et difficile, elle mettra un certain temps à reprendre son niveau naturel. A ce point de vue, il y aurait lieu d'examiner si les couches d'argile rencontrées, tout en ne retenant peut être pas les eaux descendantes, n'entraveraient pas, dans une large mesure, la marche ascensionnelle de celles-ci.

Il est à supposer, cependant, qu'un pompage prolongé et énergique ferait augmenter la salure, ce qui nous porterait, dans la pratique, à compter sur une épaisseur de la couche aquifère d'eau douce, inférieure à celle que donne le calcul.

Comme nous le disions tantôt, la ligne de démarcation entre l'eau salée et l'eau douce ne doit pas être bien nette et la diffusion des sels marins doit se faire sentir sur une certaine hauteur, au moins sur 5 ou 6 mètres.

La vitesse de diffusion croît avec la différence de salure des deux éléments voisins. Suivant cette loi, la vitesse de diffusion va en diminuant depuis le niveau des eaux salées jusqu'à une hauteur déterminée, pour laquelle la vitesse de descente de l'eau douce est égale à la vitesse ascensionnelle de diffusion des sels. En épuisant énergiquement et longtemps, cette vitesse de descente de l'eau douce sera enrayée, luttera de moins en moins contre la vitesse de diffusion et celle-ci prendra le dessus, en envahissant les couches supérieures. En tout cas, c'est le point délicat de la question.

* * *

Comme conclusion, il ne faut voir dans ces notes qu'une hypothèse, qu'il serait peut-être intéressant de vérifier. Des expériences devraient tendre à résoudre les questions suivantes.

1. La couche aquifère est-elle continue depuis le niveau du sol jusqu'aux argiles yprésiennes, ou bien l'une des couches d'argile rencontrées est-elle suffisante pour qu'il y ait deux nappes parfaitement distinctes? Dans ce cas, la formule ne s'appliquerait qu'à la couche inférieure.

Cette couche d'argile imperméable est-elle à une profondeur assez minime pour que l'on puisse la traverser par puits et prendre l'eau dans la couche inférieure?

2. Dans le cas d'une nappe continue, à quelle profondeur l'eau est-elle réellement salée? Cette profondeur correspond-elle aux résultats donnés par la formule?

3. Quelle est l'influence d'un pompage énergique et prolongé, au point de vue de la rapidité de diffusion de l'eau salée dans la couche d'eau douce?

4. Combien de temps faut-il à l'eau pour remonter au niveau d'équilibre, après un pompage énergique et continu?

S'il nous était donné de pouvoir répondre à ces questions dans un sens favorable, peut-être y aurait-il, dans le sous-sol des dunes, de quoi alimenter, en eau potable, en partie du moins, nos villes balnéaires du littoral belge.

15 JUIN 1902.