

## LE Puits ARTÉSIEN

DU

ROYAL PALACE HOTEL A OSTENDE

PAR

le baron Oct. VAN ERTBORN

(AVEC ANALYSES DE MM. KLEMENT ET WAUTERS)

(1<sup>er</sup> mai au 14 août 1899.)

Cote de l'orifice : 10 environ.

		Profondeur en mètres.		
<b>Moderne</b> . . . . .	{	Sable dunal. . . . .	0.00	7.00
		Argile polderienne. . . . .	7.00	13.20
		La même, sableuse . . . . .	13.20	16.00
<b>Quaternaire</b> . . . . .	{	Sable tourbeux . . . . .	16.00	28.75
		Sable grossier avec coquilles et cailloux . . . . .	28.75	34.30
<b>Ypresien inférieur.</b>	{	Argile brunâtre . . . . .	34.30	40.00
		— plastique . . . . .	40.00	52.50
		— dure . . . . .	52.50	71.20
		— brunâtre . . . . .	71.20	74.30
		— verdâtre . . . . .	74.30	76.10
		— brunâtre . . . . .	76.10	99.25
		Septaria . . . . .	99.25	99.57
		Argile plastique . . . . .	99.57	117.15
		— vert foncé. . . . .	117.15	121.25
		— brunâtre . . . . .	121.25	133.90
		— avec zones schistoïdes . . . . .	133.90	158.35
				A 139.54 de 0.12.
		142.56	0.05.	
		145.20	0.40.	
		148.25	0.10.	
		150.15	0.23.	
		157.70	0.20.	
		Argile vert bleuâtre . . . . .	158.35	162.05
		— brunâtre . . . . .	162.05	162.70
		— dure . . . . .	162.70	164.15
		Concrétion schistoïde . . . . .	164.15	164.23

<b>Ypresien infé- rieur</b> ( <i>suite</i> ).	Argile brunâtre . . . . .	164.23	166.48
	Concrétion schistoïde . . . . .	166.48	166.59
	Argile brunâtre . . . . .	166.59	169.30
	Concrétion schistoïde . . . . .	169.30	169.35
	Argile plastique . . . . .	169.35	170.00
	— dure . . . . .	170.00	173.35
	Sable argileux bleuâtre . . . . .	173.35	174.85
	Argile dure . . . . .	174.85	175.60
	Sable coquillier (1) et cailloux . . . . .	175.60	175.80
	(Base de l'Ypresien à la cote — 165.80.)		
<b>Landenien supé- rieur</b> (Sparnacien).	Argile dure . . . . .	175.80	176.20
	— sableuse . . . . .	176.20	177.25
	Grès dur, coquillier . . . . .	177.25	177.55
	Sable argileux noir, coquillier, ligniteux.	177.55	178.45
	Grès dur, coquillier . . . . .	178.45	178.68
	Argile sableuse noirâtre, ligniteuse . . . . .	178.68	180.23
	Sable coquillier (non percé) . . . . .	180.23	185.24

Cette coupe ne nous apprend rien de bien nouveau au point de vue géologique. Nous appellerons cependant l'attention sur les grès durs du Landenien supérieur.

Les pierres dures désignées avec doute comme silex à 171<sup>m</sup>,07, 186<sup>m</sup>,40 et 191<sup>m</sup>,45 de profondeur au sondage de Mariakerke lez-Gand (2) ne seraient-elles pas de même nature? Le fait paraît probable.

Quoique n'ayant pas vu la série d'échantillons, on serait tenté de placer en ce point la base de l'Ypresien à la cote — 166.

A Gand, elle se trouve à la cote — 144.5.

Elle s'infléchirait donc vers le Nord-Ouest de 21<sup>m</sup>,50; la distance étant d'environ de 4 kilomètres, son allure serait tout à fait normale.

La pierre tendre ou marne notée à Mariakerke à 194<sup>m</sup>,87 serait du sable calcaireux cohérent, ou même de la marne blanchâtre, comme il y en avait des strates dans l'argile ligniteuse landenienne à Ostende.

Ceci sous toutes réserves (3).

Rappelons aussi que nous avons rencontré à 168<sup>m</sup>,90, au sondage de

(1) Coquilles remaniées.

(2) *Bulletin de la Société*, t. I. (MÉM. pp. 8 et 9.)

(3) Cette interprétation et celle qui précède relative aux couches naguère considérées comme « silex » pour des roches dures rencontrées de 171 à 191 mètres au puits de Mariakerke, et qui fait des 61 mètres inférieurs de ce puits tout simplement du Landenien, se rencontre avec celle qui vient d'être signalée, avec examen des échantillons à l'appui, par M. Van den Broeck, à la séance du 26 février dernier. Voir page 73, note 1.

la rue Charles-Quint, à Gand, une pierre très dure qui ne fut pas percée, probablement un grès semblable à ceux d'Ostende.

Au point de vue paléontologique, les découvertes ont été plus intéressantes. Nous avons trouvé dans le Landenien supérieur de nombreux fossiles, dont quelques-uns sont nouveaux pour la faune belge.

Les déterminations sont de M. Leriche (1), qui s'occupe tout spécialement de la faune sparnacienne.

#### GASTÉROPODES

- Tritonidea lata* Sow. r.  
*Potamides funatus* Mant. c.  
*Melanopsis buccinoidea* Fer. c.  
*Faunus curvicostatus* Desh. c.  
*Melania inquinata* Defr. ar.  
*Stenothyra miliota* Mellev. r.

#### PELÉCYPODES.

- Cyrena cuneiformis* Fer. cc.  
*Cyrena* sp.  
*Ostrea sparnacensis* (2) Defr.  
*Ostrea bellovacina* Lam.

#### SPONGIAIRES.

- Cliona erodens* Dollf. c.

M. Leriche ajoute en note : « Dans un forage fait à Gand, MM. Renard et Vincent (*Annales de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Gand*, t. XX, p. 70, 1896-1897) ont signalé sous l'argile ypresienne, dans les couches traversées de 152 à 171 mètres, la présence de *Melania inquinata*, *Cyrena cuneiformis*, *Melanopsis sodalis* et *Ostrea submissa*. Ces deux dernières espèces n'ont pas encore été rencontrées en France dans l'étage sparnacien.

» *Melanopsis sodalis* des sables de Châlons-sur-Vesle est assez voisin de *Melanopsis buccinoidea*, qui est très commun dans les lignites du Soissonais.

(1) *Annales de la Société géologique du Nord*, t. XXVIII, pp. 280 et suivantes. (Séance du 22 novembre 1899.)

(2) Les débris d'huitres sont extrêmement nombreux; quelques rares fragments se prêtent seuls à une détermination spécifique.

» Quant à *Ostrea submissa*, elle se rencontre, en France, dans les  
» sables de Cuise et dans le calcaire grossier inférieur. »

Malgré ces légères différences fauniques, il est probable que les couches d'Ostende et de Gand appartiennent au même horizon géologique (1).

Au sondage du *Royal Palace Hotel*, la base de l'Ypresien est formée de coquilles brisées et remaniées; la même couche a été rencontrée au sondage de la ville d'Ostende (2). A Gand (puits artésien de la ville), une couche graveleuse avec débris de coquilles constitue également la base de l'Ypresien (3).

Au *Royal Palace Hotel*, la base de l'Ypresien se trouve à la cote — 165.80. Au sondage d'Ostende-Ville, distant de 4,700 mètres environ dans la direction est-nord-est, cette même base se trouve à la cote — 175.50. Remarquons qu'en ce point, la couche avec cailloux commence à la cote — 166.50 pour se terminer à — 175.50. La pente kilométrique dans cette direction est donc de 5 mètres.

Au puits artésien de Blankenberghe, à 18 kilomètres environ dans la même direction, la base de l'Ypresien se trouve à la cote — 257. L'inflexion n'est plus que de 5<sup>m</sup>,33, soit de moitié moindre.

Au *Royal Palace Hotel*, l'étanchéité du puits dans la traversée des couches perméables supérieures est absolue.

Son débit à la cote 10 est de 20 litres par minute; le niveau hydrostatique de la nappe aquifère se trouve donc au moins à la cote 12.

MM. Rutot et Van den Broeck ont publié, dans les *Annales de la Société*, une Notice des plus intéressantes sur la composition chimique des eaux artésiennes (5).

Elle comprend en outre de nombreux détails sur le puits artésien de la ville d'Ostende.

Il serait intéressant de comparer les analyses faites à cette époque avec celles de mes collaborateurs. Nous prendrons la liberté d'y renvoyer le lecteur.

MM. Rutot et Van den Broeck nous donnent aussi les niveaux

(1) On n'a pas signalé ailleurs les psammites très durs, qu'il a fallu percer par percussion.

(2) *Bulletin de la Société*, t. I. (MÉM. p. 4.)

(3) *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Gand*, t. XX. p. 70.

(4) *Bulletin de la Société*, t. II. (MÉM. p. 260.)

(5) *Bulletin de la Société*, t. IV. (MÉM. p. 172.)

hydrostatiques des différentes nappes aquifères rencontrées au forage d'Ostende-Ville. Soit :

Première nappe à 173 mètres du sol :	cote d'équilibre	+	8.14.
Deuxième — à 185	—	—	+ 9.54.
Troisième — à 299	—	—	+ 11 29.

Le niveau hydrostatique de 11<sup>m</sup>,29 au-dessus de la basse-mer est considéré comme la résultante des trois nappes.

On remarquera que pour les nappes landeniennes, les niveaux sont inférieurs d'au moins 2<sup>m</sup>,50 à celui constaté au *Royal Palace Hotel*. Cette différence, inexplicable à aussi courte distance, nous a donné la raison d'être des faits suivants, attribués à l'*influence de la marée*. Nous résumons :

On aurait constaté que la venue d'eau aurait augmenté jadis avec la pleine mer, que le niveau hydrostatique se relèverait de 0<sup>m</sup>,12 à 0<sup>m</sup>,15, pour revenir ensuite à son niveau primitif.

Un jaugeage fait à la marée haute accusait un débit de 80.000 litres par vingt-quatre heures, et un autre jaugeage, fait à marée basse, en révélait un de 145,000 litres pendant le même espace de temps.

« Les membres de la Commission, dans leur rapport du 12 mars, » pensent que la relation entre les variations du niveau et son débit » avec la marée proviendraient de ce que les couches renfermant les » nappes artésiennes viennent affleurer au fond de la mer dans leur » prolongement ouest. »

L'influence de la marée n'est point discutable ici, mais cette influence peut se manifester de deux manières fort différentes, soit en pesant sur l'affleurement des couches, comme le pensaient les membres de la Commission, soit en s'opposant aux fuites dans la couche superficielle perméable. La première influence peut être désignée sous le nom d'*influence de fond*.

Toutefois, cette *influence de fond* ne peut expliquer de telles différences de débit dans le cas qui nous occupe. Elle peut être sensible lorsque les puits ont leur source dans les roches fissurées (1) ayant leur

(1) LAURENT et DÉGOSÉE (*Guide du sondeur*, t. I, p. 38) nous disent que la fontaine jaillissante de Noyelle-sur-mer et toutes celles forées dans les environs d'Abbeville, montent et baissent avec la marée. Il rappelle qu'Arago fit faire des observations analogues au sujet d'un puits artésien à Lille. Observons que les premières ont leur source dans les fissures du Crétacé et le puits artésien de Lille dans celles du calcaire carbonifère, ce qui explique ces variations de débit. L'eau circule, non dans les pores d'une couche perméable, mais dans de vrais canaux souterrains.

débouché à peu de distance dans la mer; mais, à Ostende, les sables landeniens sont recouverts par une puissante couche d'argile ypresienne, dont la zone d'extension est énorme. Les affleurements sous-marins des sables landeniens, s'ils existent, doivent se trouver à une distance telle d'Ostende, qu'une surcharge de 3 à 4 mètres, par suite de la perte de charge sur une si longue distance, doit être à peu près sans influence notable sur le débit (1).

Cette influence aurait dû se manifester au sondage du *Royal Palace Hotel*, où rien de sensible ne fut constaté. Elle devrait même s'étendre dans l'intérieur des terres, où elle n'a été signalée que dans les fissures du calcaire carbonifère.

Enfin, les variations de niveau, produites pendant le cours des saisons, dans les nappes phréatiques, ne paraissent influencer que d'une manière absolument insensible le débit des sources, lorsque ces mêmes nappes, en s'enfonçant dans le sol, deviennent artésiennes. Une faible surcharge, soit dans la zone d'affleurement des nappes perméables sableuses, soit en leur point de déversement dans le fond des mers, ne peut donc avoir qu'une influence minime lorsque les points d'affleurement et de déversement sont distants de 100 kilomètres et plus, et le débit ne peut varier du simple au double, comme on l'a constaté au puits d'Ostende-Ville.

L'influence de la marée devait donc se manifester d'une autre manière, en mettant obstacle à l'épanchement de la source dans les couches perméables supérieures à l'argile ypresienne, par manque d'étanchéité des tubages. Nous la désignerons sous le nom *d'influence de surface*.

Cette *influence de surface* ne peut produire ses effets que dans la zone où le sable dunal s'imprègne rapidement d'eau et la laisse échapper avec la même facilité, soit donc dans une zone restreinte, celle où est situé le puits artésien d'Ostende-Ville. Il y avait donc une fuite variable avec la charge (3); il nous sera facile de le démontrer. Il est établi que les débits sont proportionnels aux charges à partir d'un point donné et peuvent être déterminés graphiquement par une ligne droite. On prend donc les hauteurs pour ordonnées et les débits pour

(1) A Grenelle, la perte de charge due à la masse filtrante est d'environ 56 mètres. (DUPUIT, *Traité de la conduite et de la distribution des eaux*, p. 101.)

(2) DUPUIT, *Traité théorique et pratique de la conduite et de la distribution des eaux*, p. 101.

(3) Voir aussi DUPUIT, *Études théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux*, pp. 284 et suivantes.

abscisses pour obtenir la ligne des débits. Le débit maximum d'Ostende-Ville étant, à la cote 6.37, de 100<sup>l</sup>,8 par minute et le niveau hydrostatique à ce moment de 11<sup>m</sup>,29 + 20, la figure graphique nous donne les débits, par minute, à tous les niveaux; soit 80 litres par minute à la cote 7.40; 60 litres par minute à la cote 8.48; 40 litres par minute à la cote 9.44; 20 litres par minute à la cote 10.46 et 0 à la cote 11.49.

Le débit de 0<sup>l</sup>,926 par seconde, soit 55<sup>l</sup>,5 par minute à marée basse à la cote 6.37, se trouve à la cote 9 environ au moment de la marée haute. Il s'abaisse donc de 2<sup>m</sup>,60; il devrait en être de même du niveau hydrostatique; or il n'en est rien, celui-ci varie à peine de 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,20.

Cette anomalie prouve à l'évidence qu'il y a une fuite, dont l'épanchement dans la couche perméable supérieure est contrariée par les dénivellations de la marée et qui n'influence que faiblement le niveau hydrostatique.

Passons à présent à l'analyse chimique de l'eau du puits artésien du *Royal Palace Hotel*; celle-ci est l'œuvre entière de mes honorables collaborateurs.

L'eau nécessaire pour les analyses chimiques et bactériologiques fut prise le 2 novembre 1900. Elle possède un goût salé assez prononcé et l'odeur caractéristique des eaux ferrugineuses. Vue en petite masse, elle paraît claire et incolore, mais, en couche plus épaisse, elle est légèrement opaline avec une faible teinte jaunâtre et abandonne, après quelque temps de repos, un léger dépôt silico-ferrugineux. La réaction au papier de tournesol est franchement alcaline.

#### I. — Analyse de M. C. Klement.

1. — 50 c. c. d'eau donnèrent : a) 0<sup>gr</sup>,1397 de chlorure d'argent et 0<sup>gr</sup>,0030 d'argent métallique; b) 0<sup>gr</sup>,1432 de chlorure d'argent et 0<sup>gr</sup>,0006 d'argent métallique.

2. — 250 c. c. d'eau donnèrent 0<sup>gr</sup>,2722 de sulfate de baryum.

3. — a) 100 c. c. d'eau donnèrent 0<sup>gr</sup>,2592 de chlorure de sodium et de potassium et 0<sup>gr</sup>,0092 de chloroplatinate de potassium; b) 50 c. c. d'eau donnèrent 0<sup>gr</sup>,1291 de chlorure de sodium et de potassium.

4. — 1 litre d'eau donna 0<sup>gr</sup>,0215 de silice, 0<sup>gr</sup>,0029 de peroxyde de fer (avec traces d'alumine), 0<sup>gr</sup>,0112 de chaux et 0<sup>gr</sup>,0315 de pyrophosphate de magnésium.

5. — 500 c. c. d'eau furent soumis à la distillation. La première portion distillée

renfermait autant d'ammonique que 5 c. c. d'une solution de chlorure d'ammonium (1 c. c. = 0gr,05 NH<sub>3</sub>); la seconde portion en renfermait encore autant que 0cc,5 de la solution ammoniacale, et la portion distillée après l'addition de permanganate de potassium encore autant que 0cc,6 de cette solution.

6. — 100 c. c. d'eau demandèrent, pour l'oxydation des substances organiques, 3cc,5 de solution de permanganate de potassium (1 c. c. = 0gr,000203 KMn O<sub>4</sub>).

7. — 50 c. c. d'eau, évaporés à siccité, laissèrent 0gr,1370 de résidu séché à 110°.

L'eau renferme donc, par litre, en grammes :

	Analyse Klement.		Analyse Wauters.
	a.	b.	
Chlore (Cl.) . . . . .	0gr,7108	0gr,7122	0gr,710
Acide sulfurique (SO <sub>3</sub> ) . . . . .	0,3738	»	0,371
— azotique . . . . .	faibles traces.		traces.
— azoteux . . . . .	»	»	»
Silice (SiO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,0215	»	0,008
Soude (Na <sub>2</sub> O). . . . .	1,3605	1,3552	1,359
Potasse (K <sub>2</sub> O). . . . .	0,0178	»	0,018
Chaux (CaO) . . . . .	0,0112	»	0,011
Magnésie (MgO). . . . .	0,0114	»	0,008
Peroxyde de fer (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) avec traces d'alumine . . . . .	0,0029	»	0,003
Ammoniaque libre (NH <sub>3</sub> ) . . . . .	0,00055	»	0,00012
— albuminoïde . . . . .	0,00006	»	0,00006
Résidu fixe à 110°. . . . .	2,7400	»	»
— à 160°. . . . .	»	»	2,706
Oxydabilité (en permanganate) . .	0,0071	»	»

D'après ces données, en supposant que le fer s'y trouve à l'état de carbonate ferreux, on peut admettre la présence des substances suivantes :

	Analyse Klement.	Analyse Wauters.
Chlorure de sodium (NaCl). . . . .	1gr,1517	1gr,149
— de potassium (KCl) . . . . .	0,0282	0,028
Sulfate de sodium (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) . . . . .	0,6635	0,659
Carbonate de sodium (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) . . . . .	0,7815	0,790
— de calcium (CaCO <sub>3</sub> ) . . . . .	0,0200	0,020
— de magnésium (MgCO <sub>3</sub> ) . . . . .	0,0239	0,017
— de fer (FeCO <sub>3</sub> ) . . . . .	0,0042	0,004
Silice (SiO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,0215	0,008
Ammoniaque libre (NH <sub>3</sub> ). . . . .	0,00055	0,00012
— albuminoïde . . . . .	0,00006	0,00006



L'analyse bactériologique a démontré l'absence de microbes pathogènes et de *bacterium coli*.

Cette eau est donc fortement minéralisée et caractérisée par la présence de sels presque exclusivement sodiques : chlorure, carbonate et sulfate. Elle a une composition tout à fait analogue à celle du grand puits artésien d'Ostende, foré en 1858 et 1859, et dont l'eau a été analysée à différentes reprises (1).

La présence d'ammoniaque libre et surtout d'ammoniaque albuminoïde dans cette eau est assez insolite; à notre connaissance, elle n'a jamais été signalée dans des eaux artésiennes. Dans les eaux superficielles, on attribue généralement cette ammoniaque albuminoïde à une contamination par les produits de putréfaction animale. Mais il serait bien difficile de lui donner la même signification dans une eau provenant de 180 mètres de profondeur et où toute infiltration étrangère est absolument exclue. Est-ce qu'elle proviendrait du lessivage de restes organiques fossiles?

D'ailleurs toute la composition de ces eaux artésiennes du littoral belge, aussi bien que celle de certaines nappes d'eau artésienne de l'intérieur du pays, est encore assez mal expliquée. On admet généralement une infiltration d'eau de mer dans les diverses nappes aquifères, ce qui expliquerait au moins leur forte teneur en chlorure de sodium. Mais comment cette eau de mer s'est-elle débarrassée de ses sels magnésiques et les a-t-elle remplacés par le carbonate et le sulfate sodiques? Voilà des questions qui attendent encore leur solution.

Quant au fer, il pourrait provenir, en partie du moins, de l'attaque du tubage par l'eau alcaline.

Je me permettrai d'ajouter quelques mots incidents au travail si remarquable de mes honorables collaborateurs.

Le puits artésien du château de Westerloo a sa source dans les sables bruxelliens à 187<sup>m</sup>,20.

Il est *jaillissant*; ses tubages sont d'une étanchéité absolue, de manière qu'il n'y a aucune communication possible avec la nappe aquifère superficielle.

Cette eau, d'après une analyse de notre confrère et ami M. Kemna, contient aussi 0<sup>gr</sup>,032 de matières organiques par litre.

(1) Cf. RUTOT et VAN DEN BROECK : Matériaux pour servir à la connaissance de la composition chimique des eaux artésiennes du sous-sol de la Belgique. (*Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 1890, t. IV, MÉM. p. 170.)

La quantité de sels en dissolution est relativement faible; elle n'est que de 0<sup>gr</sup>,576, soit à peu près cinq fois moins que celle dissoute dans l'eau de la source landenienne d'Ostende.

Il ne paraît pas douteux que cette matière organique, plus de mille fois centenaire, puisse être encore nuisible.

L'eau saline du Landenien nous donnera peut-être quelques notions sur la composition chimique des eaux lagunaires à cette époque géologique.

## LE PUIITS ARTÉSIEN

DE LA

PROPRIÉTÉ J. GEVAERT, A AUDENARDE (1)

(1900)

PAR

le baron Oct. VAN ERTBORN.

Cote du rail : 13.50.

	Mètres.
Terrain remanié . . . . .	1.80
Quaternaire . . . . .	Limon sableux jaunâtre . . . . . 1.50
	Sable rougeâtre . . . . . 3.20
	— argileux . . . . . 4.50
	— grossier . . . . . 0.35
	— argileux . . . . . 2.15
	— avec débris de coquilles et cailloux . . . . . 0.15
	Argile sableuse et cailloux . . . . . 2.70
	<hr/> 14.55
Ypresien infé- rieur.	Argile sableuse . . . . . 6.80
	— brunâtre . . . . . 12.10
	— plastique . . . . . 10.15
	— très dure . . . . . 17.13
	<hr/> 46.18
	<hr/> A REPORTER . . . . . 62.53

(1) A 30 mètres de la gare, côté opposé à celui des bâtiments.