

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

Berchemlei, 115

BORGERHOUT - ANTWERPEN

Tel. 39.25.43

Académie royale de Belgique Koninklijke Belgische Academie

496

E. J. DEVEROY
INGENIEUR
42 RUE JACQUES
BRUXELLES

BULLETIN

DE LA

CLASSE



MEDEDELINGEN

VAN DE

KLASSE DER

DES SCIENCES WETENSCHAPPEN

5^e Série. — Tome XXXVII 5^{de} Reeks. — Boek XXXVII

1951

EXTRAIT — UITTREKSEL

Note sur le dessalement de canaux maritimes

PAR

J. LAMOEN, E. MERTENS et J. SWINE

BRUXELLES

PALAIS DES ACADEMIES

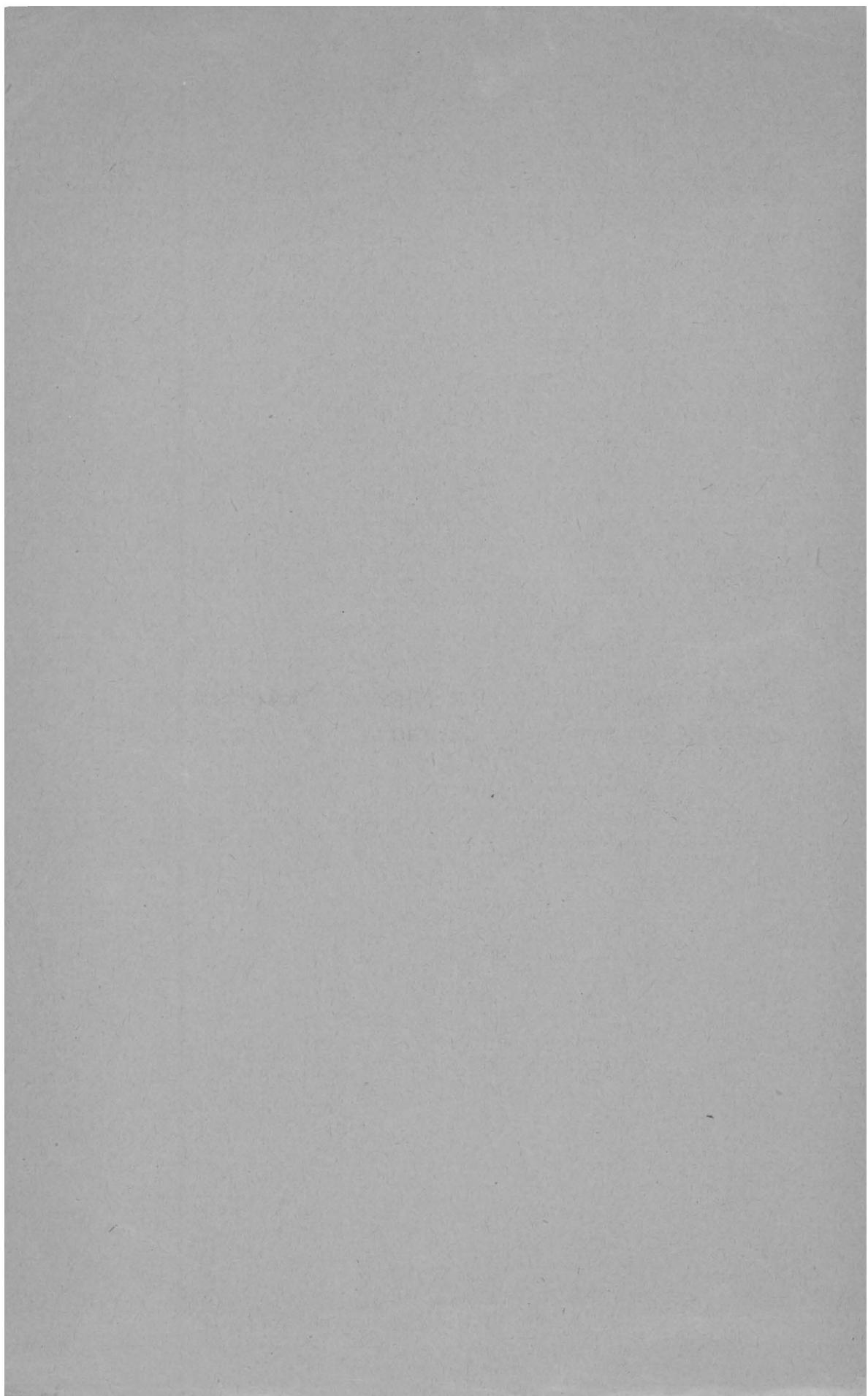
RUE DUCALE, 1

BRUSSEL

PALEIS DER ACADEMIËN

HERTOGELIJKESTRAAT, 1

1951



HYDRAULIQUE

Note sur le dessalement de canaux maritimes,

par J. LAMOEN, E. MERTENS et J. SWINE.

Résumé. — Dans la présente note les auteurs exposent un moyen pour évacuer une grande partie du sel qui pénètre dans un canal par une écluse maritime.

Cette évacuation se fait par une chasse ; les auteurs examinent les conditions dans lesquelles cette chasse doit fonctionner.

1. Les canaux maritimes sont séparés des eaux salées sujettes au phénomène de la marée (mer ou rivière maritime) par une ou plusieurs écluses, dites maritimes. On s'attache parfois à maintenir aussi faible que possible la teneur en sel (gr. de Cl par litre d'eau, c'est-à-dire par litre de solution eau-sel) de tels canaux et ces derniers doivent alors recevoir une alimentation suffisante en eau douce.

La salinité à ne pas dépasser dans un canal dépend des circonstances locales : l'infiltration d'eaux plus ou moins salines dans les terres riveraines peut nuire à certaines cultures ; les eaux saumâtres d'une certaine teneur favorisent le développement des moustiques et, par voie de conséquence, les fièvres paludéennes ; les usines établies ou projetées le long du canal ont avantage parfois à pouvoir puiser des eaux douces dans ce dernier.

2. A une infime partie près, la quantité totale de sel se trouvant dans le canal provient des éclusages à l'écluse maritime, en entendant par le terme « éclusage » aussi bien l'opération d'égalisation du niveau d'eau dans le sas que l'ouverture des portes.

La flottaison du canal est en général très proche du niveau de marée haute moyenne. Lorsque cependant la mer dépasse cette flottaison (pour fixer les idées nous supposerons qu'un navire se

présente pour passer dans le canal et que l'écluse est remplie jusqu'au niveau de cette voie d'eau), l'égalisation des niveaux mer-écluse entraîne un certain volume d'eau de mer dans le sas, dont une partie se répand ensuite dans le canal lors de l'égalisation des niveaux écluse-canal.

Le sel marin entrant de cette façon dans le canal ne constitue qu'une faible partie de la quantité totale parvenue dans cette voie de communication. D'autre part, lorsque la flottaison dépasse le niveau de la mer, ce qui est de loin le cas le plus fréquent, les égalisations du niveau du sas ne peuvent amener de l'eau marine dans le canal et on pourrait même croire, à première vue, que ce dernier ne peut recevoir de sel lors d'éclusages opérés dans ces conditions.

L'agent de salinisation le plus important est l'échange d'eau se produisant entre l'écluse et la mer pendant l'ouverture de la porte aval, entre l'écluse et le canal quand la porte amont est ouverte. Le dégagement d'une porte met en contact deux nappes d'eau de même niveau libre mais de densités différentes, de sorte qu'il naît des courants de densité sur toute la hauteur d'eau au-dessus du seuil de l'écluse. Les eaux les plus salées, et par conséquent les plus denses, s'étalent sur le fond ; elles se déplacent toujours de la mer vers le canal. L'inverse se produit pour les eaux les moins denses.

Ce sont ces courants de densité qui apportent la majeure partie du sel au canal. A notre connaissance ce fait a été clairement mis en lumière pour la première fois par Mazure⁽¹⁾. Les échanges d'eau entre la mer et le canal, échanges qui se produisent pendant les éclusages, dépendent surtout des facteurs suivants :

- le nombre d'éclusages en un temps donné.
- la durée d'ouverture des portes (ce facteur est le plus souvent d'une importance capitale).
- la différence de densité entre la mer et l'écluse, entre l'écluse et le canal.
- les hauteurs d'eau sur les seuils de l'écluse.
- la forme en plan de cet ouvrage.

⁽¹⁾ J. P. MAZURE : « De invloed van schuttingen op de verzouting van het binnenvater ». *De Ingenieur*, numéro du 8 juin 1934.

Lorsque ces différents facteurs sont définis numériquement, une méthode élaborée au Laboratoire de Recherches Hydrauliques des Ponts et Chaussées de Belgique, à Borgerhout-Anvers, permet d'apprécier les quantités de sel qui pénètrent dans le canal.

3. Examinons maintenant certains moyens mis en œuvre pour restituer à la mer une part plus ou moins grande du sel qui a gagné le canal. Il convient de rappeler ici que l'eau douce et l'eau saline ne se mélangent que difficilement. Une fois qu'un volume d'eau salée est entré dans le canal, il y chemine le long du fond en s'étendant et il peut se propager sur une distance considérable (en amont) de l'écluse maritime.

On peut prévoir, en outre de l'écluse (des écluses) maritime(s), une autre écluse dite « de chasse ». On amène au canal un débit important d'eau douce et, par l'écluse de chasse, on décharge à la mer un débit sensiblement égal.

Il faut croire que cette disposition ne donne pas toujours entière satisfaction et que les quantités de sel évacuées par l'écluse de chasse sont parfois insuffisantes. En effet, les Hollandais ont essayé d'améliorer le système en approfondissant le canal sur une certaine longueur en amont de l'écluse maritime, la surprofondeur étant de quelques mètres. Au-dessous du plafond normal du canal ils créent ainsi une capacité contiguë à l'ouvrage d'art pouvant recueillir les eaux salées introduites par un certain nombre d'éclusages. Nous avons constaté sur un modèle réduit que la progression des eaux salées peut être pratiquement arrêtée à la limite amont de l'approfondissement, pourvu que l'on donne à cette limite une forme adéquate et permettant d'autre part le dragage d'entretien.

Par l'approfondissement on tâche de retenir les eaux salées dans le voisinage de l'écluse de chasse. Il est évident que, pour être efficace, la surprofondeur ne peut jamais se remplir complètement d'eau salée et il faut donc évacuer continuellement celle qui arrive. A cet effet on compte utiliser aux Pays-Bas des pompes-hélice pouvant fournir un très grand débit sous une hauteur de refoulement extrêmement réduite. Ces pompes puissent l'eau salée de l'approfondissement et l'amèneront en sur-

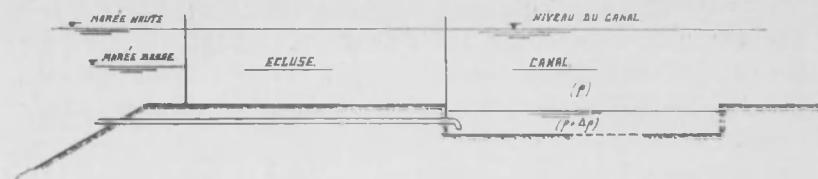


FIG. 1.

face, où elle sera captée par un courant se dirigeant vers l'écluse de chasse. Celle-ci devra donc fonctionner simultanément avec les pompes.

Nous avons examiné (fig. 1) si les chasses de dessalement ne peuvent se faire par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs aqueducs qui prendraient leur débit dans l'approfondissement susdit. Cette solution sera intéressante si l'on est sûr que chaque aqueduc puisera uniquement parmi les eaux salées accumulées dans la surprofondeur et n'entamera en aucune façon les couches supérieures moins denses. Il faut de plus qu'il puisse évacuer un débit suffisant, débit qui résulte directement des quantités d'eau marine s'introduisant dans le canal. A la suite de notre étude, nous croyons que cette solution est applicable dans de nombreux cas.

Pour que l'aqueduc soit alimenté uniquement par les couches profondes, il faut garantir une charge minimum h (fig. 1) d'eau salée sur son embouchure. La charge h varie dans le même sens que le débit Q de l'aqueduc. La loi $f(h, Q) = 0$ dépend en outre de la disposition de l'embouchure (fig. 2a, b, c) et de la différence de densité entre les deux liquides en présence. L'épaisseur e de la couche d'eau douce ne semble pas avoir d'influence.

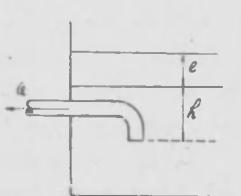


FIG. 2a.

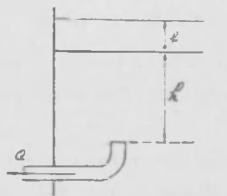


FIG. 2b.

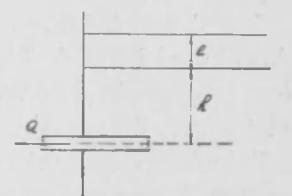


FIG. 2c.

Note sur le dessalement de canaux maritimes

4. Pour faire l'étude expérimentale nous avons superposé, dans un bac de section droite rectangulaire et à plafond horizontal (fig. 3), une couche d'eau douce colorée (au permanganate de potasse ou avec le produit dit « noir-noir » de la I. G. Farben Industrie) à une couche d'eau salée incolore. Nous donnons

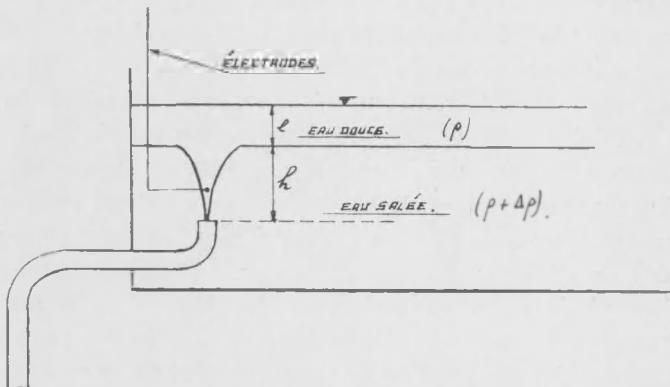
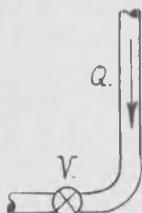


FIG. 3.



alors une ouverture déterminée à la vanne V introduite au bas du tuyau représenté à la figure. Pendant tout un temps nous enlevons ainsi au bac un débit quasi constant et son plan d'eau s'abaisse lentement et selon une loi à peu près linéaire en fonction du temps. Nous mesurons d'ailleurs cette variation du niveau libre dans le temps, ce qui nous permet de déterminer le débit. Ce dernier se compose d'abord uniquement d'eau salée, mais lorsque la quantité h devient insuffisante, on voit apparaître (fig. 3) un cornet qui apporte de l'eau douce au tuyau de décharge. On coupe alors le débit et on peut mesurer h . A partir du moment où h tombe au-dessous d'un certain minimum, le tuyau n'est plus alimenté en eau salée seulement et son efficacité, comme chasse

d'eau salée, diminue constamment à mesure que h décroît. En ouvrant plus ou moins la vanne V on réalise différents débits Q et on peut ainsi, en principe, étudier expérimentalement la loi $f(h, Q) = 0$ en désignant par h la valeur maximum de cette quantité pour laquelle il y a formation d'un cornet. En toute rigueur ce mode opératoire ne correspond pas à un phénomène permanent, mais comme la descente du plan d'eau dans le bac est très lente, on peut parler d'états quasi permanents successifs, avec des « charges » variables d'eau salée sur l'embouchure du tuyau.

Au début nous avions pensé pouvoir établir la loi $f(h, Q) = 0$ en nous basant sur l'observation purement visuelle de l'apparition du susdit cornet. Nous avons trouvé ainsi, avec le permanganate de potasse, des points expérimentaux extrêmement dispersés ; ils l'étaient un peu moins avec le noir-noir. Nous avons cherché alors une méthode plus objective et avons adopté finalement une méthode conductimétrique, un tel procédé ayant donné satisfaction à l'un de nous lors d'une recherche sur la provenance des eaux qui faisaient irruption dans un puits de charbonnage en cours de fonçage.

La figure 4 montre, pour une température donnée, l'allure de la

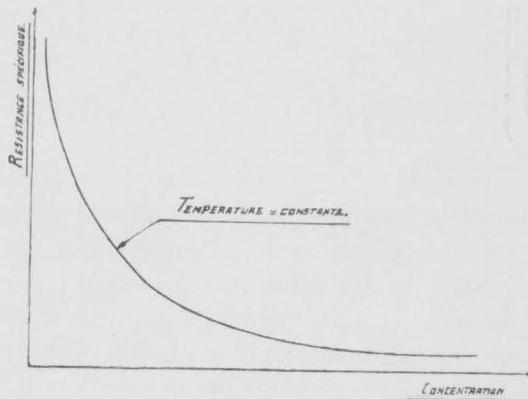


FIG. 4.

résistance spécifique de la solution $H_2O - NaCl$ en fonction de la concentration. Les eaux salines de nos essais nous amenaient dans la zone où la courbe de la fig. 4 est pratiquement parallèle à

Note sur le dessalement de canaux maritimes

l'axe des abscisses, de sorte que des électrodes disposées dans le tuyau de décharge, comme indiqué à la fig. 5, ne pouvaient déceler la première apparition d'eau douce parmi les eaux denses évacuées par la chasse. Nous avons donc disposé, en dehors du tuyau de décharge, mais près de son embouchure, deux électrodes dont l'emplacement est choisi de telle façon qu'elles se trouvent toutes

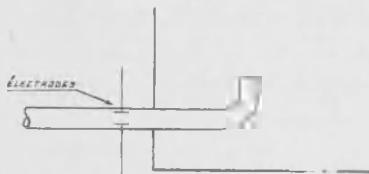


FIG. 5.

deux dans le cornet d'eau douce lorsque celui-ci se forme. Il se produit alors une augmentation instantanée de la résistance entre les électrodes, augmentation qui se traduit par la déviation brusque de l'aiguille d'un voltmètre électronique. Ainsi le début du phénomène d'aspiration des couches élevées est nettement marqué et on peut même abandonner l'emploi d'un colorant. En appliquant cette méthode nous avons trouvé des points bien concordants.

5. Pour une embouchure donnée, les résultats de nos essais vérifient la loi

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} \cdot g \cdot \frac{h^5}{Q^2} = K. \quad (1)$$

de forme identique à une relation déjà trouvée par Craya et Gariel⁽²⁾ lors d'une étude qui présentait beaucoup de parenté avec la recherche à laquelle nous nous sommes livrés. Dans la formule (1) les symboles non encore définis antérieurement ont la signification suivante :

(2) A. CRAYA : « Recherches théoriques sur l'écoulement de couches superposées de fluides de densités différentes ». La Houille Blanche, janvier-février 1949.

Paul GARIEL : « Recherches expérimentales sur l'écoulement de couches superposées de fluides de densités différentes ». La Houille Blanche, janvier-février 1949.

Note sur le dessalement des canaux maritimes

$\rho + \Delta\rho$ et $\rho..$	densités des deux liquides.
g	accélération de la pesanteur.
K	coefficient de dimension nulle dépendant de la forme et de la disposition de l'embouchure du tuyau de décharge.

La constante K a une valeur plus grande pour l'embouchure de la figure 2b que pour celle de la figure 2a, ce qui concorde avec une observation de Tison (3).

Une fois $\Delta\rho$ connu et le coefficient K établi par des essais sur modèle réduit, la formule (1) constituera un des guides qui nous aidera dans la conception d'un approfondissement avec aqueducs de chasse. En disposant judicieusement, dans l'ouvrage réel, une paire d'électrodes près de l'embouchure de chaque aqueduc, on pourra, le cas échéant, diminuer le débit de chasse dès que l'on constate un afflux d'eau douce et l'on évitera ainsi le gaspillage de cette dernière, en période de sécheresse notamment.

Février 1951.

(3) L. J. TISON : « Courants dans les réservoirs et les lacs ». Assemblée d'Oslo 1948 de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale.

