

Problèmes hydrologiques des Polders asséchés dans le Zuiderzee (1)

par

A. VOLKER (2)

Les travaux d'assèchement dans l'ancien Zuiderzee, pour simple que paraisse leur principe technique, n'en présentent pas moins quelques problèmes hydrologiques qui, par leur caractère unique, pourront peut-être vous intéresser. C'est donc avec le plus grand plaisir que j'ai accepté la flatteuse invitation de Monsieur le Recteur de l'Université, le Professeur Campus, de venir vous parler de quelques aspects scientifiques de nos travaux.

Grâce aux relations techniques entre nos deux pays, heureusement de plus en plus fréquentes, beaucoup d'entre vous n'apprendront peut-être que peu de nouveau; et ceci s'applique surtout à vous, Monsieur le Professeur Tison, qui connaissez si bien notre pays et sa situation hydrographique. Je vous suis donc doublement reconnaissant d'avoir bien voulu présider cette séance.

Je voudrais, pour commencer, évoquer les traits essentiels du projet de barrage et d'assèchement partiel du Zuiderzee (fig. 1). Après la fermeture de la grande digue en 1932, ce golfe de la mer du Nord s'est transformé en lac d'eau douce, grâce à l'apport des eaux de plusieurs rivières, dont la plus importante est l'IJssel, l'un des bras du Rhin. C'est de là d'ailleurs que vient le

(1) Communication présentée à la 28^e séance d'études du C.E.R.E.S. le 28 janvier 1952.

(2) Chef de la section d'études du « Dienst der Zuiderzeewerken ».

nom « lac IJssel ». Les eaux superflues étant évacuées à marée basse par les pertuis situés aux deux extrémités de la digue, la salinité a progressivement diminué de sorte qu'en 1937, donc cinq années après la fermeture, le dessalement était terminé. A la place des eaux saumâtres du Zuiderzee, on trouve maintenant les eaux douces du lac IJssel (200 mg de Cl' par litre). Ce lac forme par conséquent, au centre de notre pays, un grand bassin de stockage d'où, en été, les polders adjacents font entrer de grandes quantités d'eau douce, et pour améliorer la qualité des eaux dans les fossés et les canaux, et pour chasser les eaux plus ou moins saumâtres si nuisibles aux cultures.

Sur une surface totale du lac de 3.750 km² cinq polders seront asséchés formant avec leur 2.200 km² environ 10 % de la surface arable de notre pays. Le premier polder — le Wieringermeer (200 km²) — a été asséché en 1930, le second — le polder Nord-Est (480 km²) — date de 1942, tandis que les travaux pour l'assèchement du troisième polder sont maintenant en cours.

Ces polders forment des cuvettes protégées par des digues; le terrain descend jusqu'à plus de cinq mètres au-dessous du niveau du lac IJssel, niveau qui correspond lui-même à peu près au niveau moyen de la mer.

Cette situation spéciale entraîne des problèmes hydrologiques parmi lesquels je voudrais vous présenter les suivants :

- I. Le bilan d'eau du polder asséché.
- II. La capacité des stations de pompage.
- III. Le problème de l'infiltration dans les polders asséchés.
- IV. La lutte contre l'invasion du sel.

I. — LE BILAN D'EAU D'UN POLDER ASSECHE.

Dans le bilan d'eau figurent les apports et les pertes suivants :

<i>Apports</i>	<i>Sorties</i>
1 Précipitations	5 Evacuation
2 Infiltration	6 Evaporation
3 Eclusages	7 Rétenion
4 Irrigation	

Les *précipitations* annuelles normales s'élèvent à 700 mm. environ. La répartition des pluies correspond à peu près à celle de la Belgique.

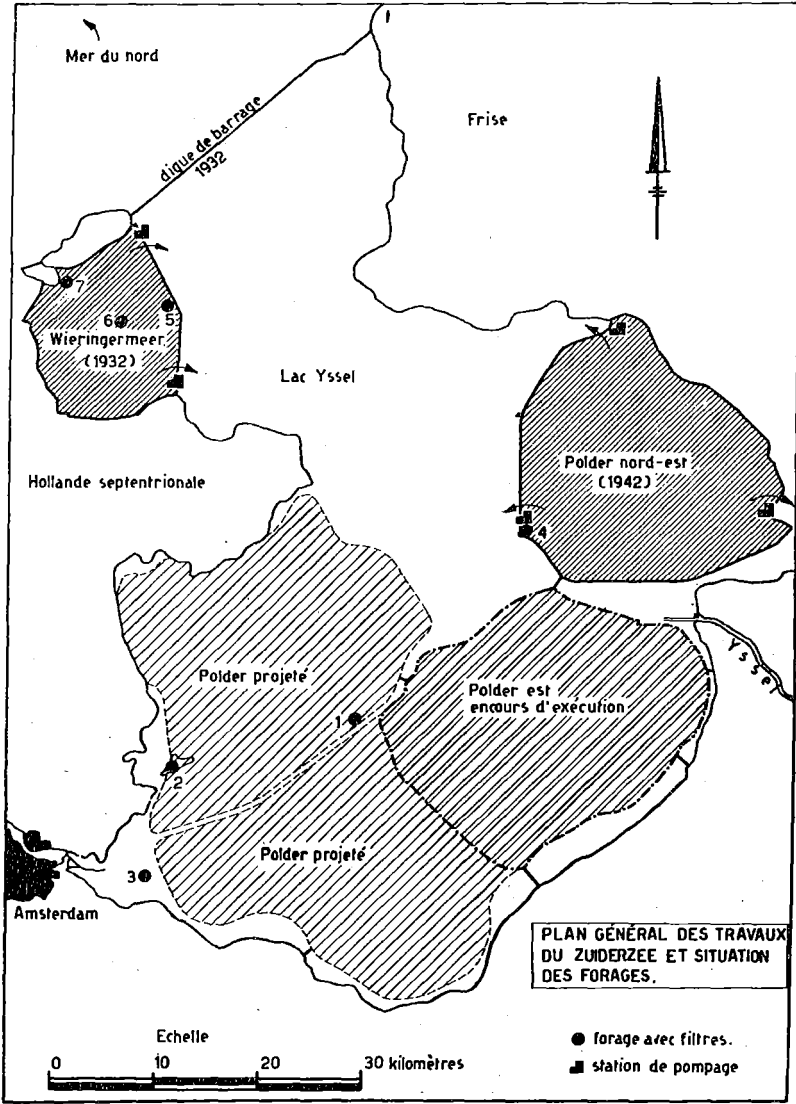


Fig. 1.

L'*infiltration* — dont il sera question plus loin — est due à la différence de niveaux entre le polder asséché et les eaux environnantes ainsi qu'à la constitution géologique du sous-sol.

Le fait que le système des canaux des polders soit rendu accessible à la navigation de péniches jusqu'à 600 tonnes (Kempenaars), par plusieurs écluses à sas, provoque un apport assez considérable d'eau par les *éclusages*. Si l'on tient compte des frais de pompage de ces eaux, on peut calculer qu'une entrée d'une seule péniche coûte 50 francs belges.

Il est peut-être étonnant d'apprendre que dans les polders, d'où il faut évacuer tant d'eau superflue par pompage, on laisse volontairement entrer, à certaines périodes, des eaux du lac IJssel. Ces eaux servent à alimenter le système d'*irrigation* souterraine qui a été installé dans les terres sablonneuses comprises dans l'endigement. Ces terres relativement plus élevées que le reste du polder — bien que toujours situées à deux mètres environ au-dessous du niveau du lac — peuvent être transformées en bons pâturages à condition que, pendant les périodes de sécheresse, la nappe phréatique puisse y être maintenue partout à environ 50 centimètres en dessous de la surface du sol. Ceci exige une irrigation par des tuyaux souterrains.

Il est ainsi possible qu'à certains moments les stations de pompage fonctionnent pour évacuer les eaux d'infiltration de la partie la plus basse, tandis que, tout près de ces stations, on fait entrer des eaux destinées à l'irrigation.

Au total, pour le polder Nord-Est, le bilan se caractérise par les chiffres suivants (les quantités annuelles étant exprimées en millimètres sur l'ensemble de la surface) :

1 Précipitations	705 mm.	5 Evacuation	645 mm.
2 Infiltration	400 mm.	6 Evaporation	510 mm.
3 Eclusages	20 mm.	7 Rétention	p.m.
4 Irrigation	30 mm.		
	<hr/>		<hr/>
	1.155 mm.		1.155 mm.

On en peut conclure que, dans le débit annuel des stations de pompage, l'infiltration constitue un facteur d'une importance primordiale.

II. — LA CAPACITE D'UNE STATION DE POMPAGE.

Le calcul de la capacité des stations de pompage est basé sur l'élévation de niveau admissible dans les canaux d'évacuation. L'élévation de niveau qu'on peut tolérer est, en premier lieu, déterminée par les nécessités agricoles. On doit tenir compte de ce qu'une élévation éventuelle du niveau d'eau aura des conséquences bien différentes, selon qu'elle se produira durant la saison de croissance ou, au contraire, en hiver.

On parvient ensuite à la capacité de pompage nécessaire en tenant compte de la quantité de pluie tombant dans un certain intervalle, du pouvoir de rétention du sol et de la capacité de stockage du système de canaux.

Ainsi dans les polders asséchés au XVII^e siècle, alors que la capacité des moulins à vent ne permettait pas de grands débits, 10 % de la surface endiguée étaient pris par les canaux, ce qui permettait de stocker temporairement de fortes pluies. Les pompes et les moteurs modernes permettent d'économiser du terrain et ainsi dans le Wieringermeer — le premier polder des travaux du Zuiderzee — la surface d'eau a été réduite jusqu'à 2 % de la surface totale. Dans le Polder Nord-Est, on est allé plus loin encore : 1 % seulement est pris par les canaux. Il semble qu'ici le minimum ait été atteint.

Dans ce dernier polder (480 km²) la capacité des trois stations de pompage a été trouvée ainsi : (volume exprimé en millimètres par jour sur l'ensemble de la surface) :

Pluie	8 mm/jour.
Infiltration	2 » »
Réserve en vue des baisses éventuelles de niveau dans les canaux, dues au débit ou vent	1 » »

Réserve en cas d'entretien ou rupture	1	»	»
Réserve	1	»	»

13 mm/jour ou
4.350 mm³/min.

Quelques chiffres pourront fixer le débit des installations du polder Nord-Est :

- Stat. de pompage Urk : 3 pompes à 545 m³/min = 1635 m³/min.
- Stat. de pomp. Lemmer 3 pompes à 545 m³/min = 1635 m³/min.
- Stat. de pom. de Voorst 2 pompes à 600 m³/min. = 1200 m³/min.

4470m³/min.

Les stations de pompage assurent l'existence du polder. Elles le font aussi émerger des flots. En effet, la vidange du polder après la clôture de la digue d'isolement est effectuée par les mêmes pompes qui serviront plus tard pour le drainage. Tenant compte de la nappe d'eau à évacuer on peut calculer que « la naissance » du polder demande un travail de pompage de sept mois, jour et nuit.

III. — LE PROBLEME DE L'INFILTRATION DANS LES POLDERS.

Etant donnée la différence de niveau entre le lac IJssel et les polders asséchés dans le Zuiderzee, il va sans dire que la possibilité d'infiltration est réelle.

L'infiltration à travers le corps de la digue peut être arrêtée par l'emploi de matériaux imperméables, mais une infiltration souvent beaucoup plus importante est due à la constitution géologique assez spéciale du sous-sol du Zuiderzee.

On y trouve des couches superficielles d'argile et de tourbe d'une épaisseur de quelques mètres reposant sur des couches de sable très perméables allant jusqu'à une profondeur D de deux cents ou trois cents mètres (fig. 2). Ainsi s'ouvre un large passage

d'eau sous la digue. Les assises sont formées par des couches d'argile du tertiaire.

La constitution géotechnique est déterminée par deux facteurs : la résistance c des couches superficielles et la capacité kD de perméabilité des couches de sable.

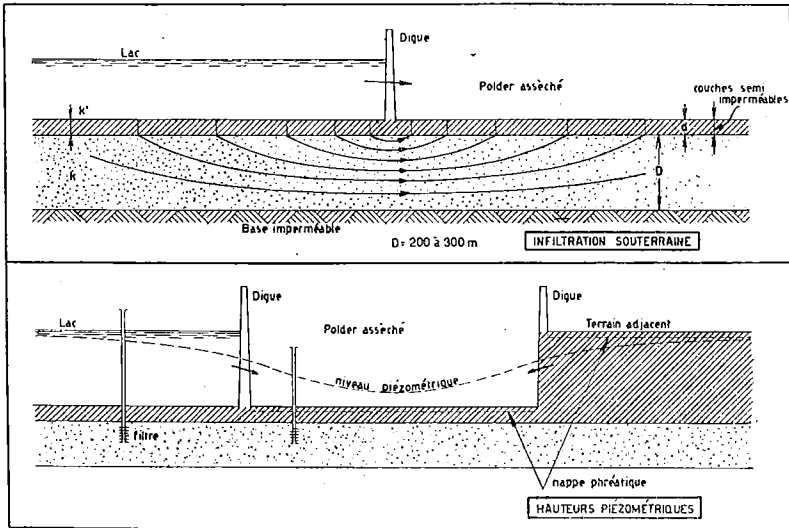


Fig. 2 et 3.

Le premier facteur est déterminé par l'épaisseur d des couches et leur perméabilité k' :

$$c = \frac{d}{k'}$$

le second est le produit de l'épaisseur D des bancs de sable et la moyenne de la perméabilité k .

Etant donnés ces deux facteurs, on peut calculer l'infiltration dans un polder pour une certaine différence de niveau et pour une certaine délimitation. Nous n'insisterons pas sur les méthodes mathématiques, mais nous nous bornons à constater qu'on peut assumer pour la résistance que le mouvement dans les cou-

ches de sable est seulement horizontal et dans les couches superficielles seulement vertical.

Dans les polders hollandais, la quantité d'eau qui s'infiltré de cette manière varie suivant la constitution géologique. Nous avons vu l'importance économique (frais de pompage) de l'infiltration dans les polders du Zuiderzee : ainsi apparaît la nécessité d'une bonne prévision dans les projets d'assèchement. Cependant, dans d'autres cas, le volume d'eau entrant par infiltration est beaucoup plus considérable. Nous citerons plus loin un exemple où l'infiltration s'élève à presque 20 millimètres par jour et où — par conséquent — les stations de pompage doivent marcher jour et nuit même durant les périodes de sécheresse.

Dans un polder, l'infiltration peut être étudiée :

- a) par l'étude des quantités évacuées par les stations de pompage;
- b) par des forages avec des tubes à filtre pour l'observation des hauteurs piézométriques.

ad a.

Pour déterminer la quantité entrant par le sous-sol on peut se servir du bilan d'eau dressé pour les mois d'hiver (novembre-février) alors que l'évaporation est insignifiante. Pour se débarrasser de l'effet de la rétention, il est recommandable de consulter les chiffres de plusieurs années.

ad b.

Les hauteurs piézométriques dans le paquet perméable sont surtout intéressantes par rapport à la nappe phréatique (fig. 3). Ainsi on trouve dans le polder des eaux artésiennes dont on profite souvent pour recueillir des gaz de méthane dissous dans l'eau. Par contre, dans la périphérie, on rencontre des sous-pressions; là, il se produit une perte d'eau ce qui peut provoquer un dessèchement de ces terres (fig. 3 et 4).

Ce phénomène s'est présenté spécialement dans la zone côtière du polder Nord-Est. Ici dans les polders de l'ancien pays —

moins bas que le nouvel endiguement — la nappe phréatique s'est abaissée considérablement (jusqu'à 1½ mètre) et pour le profil pédologique (une mince couche d'argile reposant sur la tourbe) les conséquences ont été assez graves. Il a fallu rétablir la nappe primitive par le système d'irrigation souterraine.

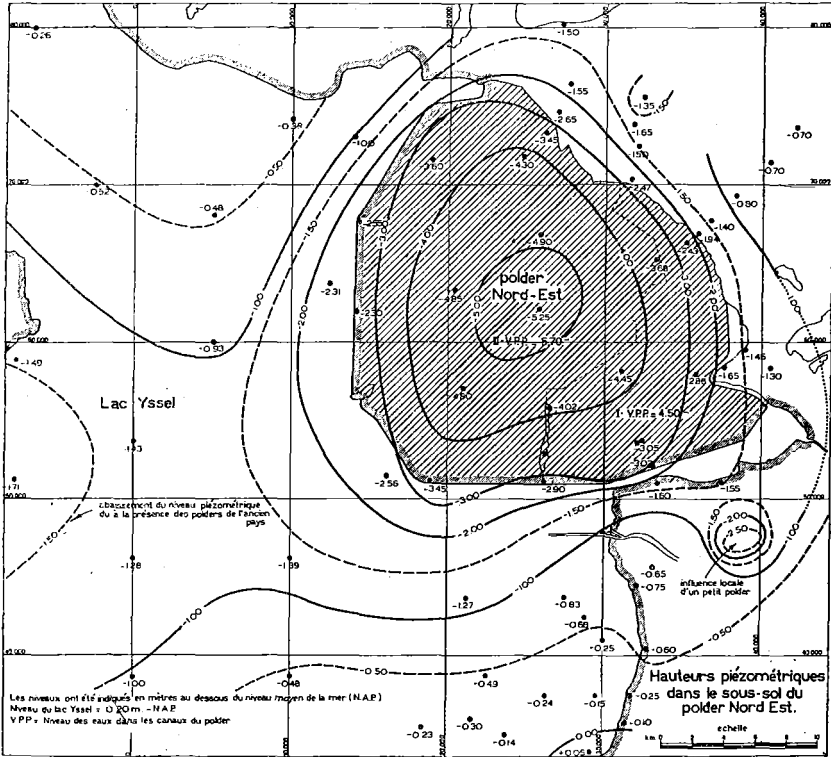


Fig. 4.

L'expérience citée a influencé le projet du polder Est (fig. 1) actuellement en cours d'exécution. Pour neutraliser complètement l'influence de la dépression du futur polder sur la constitution hydrologique de la zone côtière, il faudra projeter un « lac de ceinture » d'une largeur d'environ 2½ kilomètres et d'un niveau légèrement supérieur à celui du lac IJssel actuel; un simple canal de ceinture n'ayant presque aucun effet hydrologique.

Cette solution a été adoptée pour la partie où une irrigation de la zone côtière est estimée impossible. Là où cet artifice pourra en tout cas être appliqué, la largeur du « lac de ceinture » sera sensiblement réduite afin de pouvoir assécher autant de terres que possible.

Dans le même but, la ville d'Amsterdam sera séparée des assèchements futurs par un lac d'environ 10 kilomètres de largeur (fig. 1). Ici ce ne sont pas des intérêts agronomiques qui entrent en jeu, mais la nécessité d'épargner les pilotis en bois formant les fondations des maisons d'Amsterdam. Il est connu que des pilotis en bois restent en parfait état de conservation durant des siècles, tant qu'ils sont complètement submergés, mais qu'à la suite d'un abaissement de la nappe phréatique ils sont pourris en peu de temps.

Nous avons cité des cas où le phénomène de l'infiltration peut entraîner de graves conséquences pour le polder lui-même. Un exemple saisissant est fourni par l'histoire du polder Béthune (province d'Utrecht).

En 1858 fut entrepris le premier assèchement. D'abord la vidange du polder, qui faisait partie d'un lac, s'effectua sans difficulté, mais lorsqu'on commença, après l'assèchement, à creuser les canaux et les fossés pour le drainage, l'infiltration augmenta tellement (jusqu'à 20 millimètres par jour) qu'on fût obligé d'abandonner le travail, la capacité de la station de pompage étant devenue insuffisante. Ce résultat est dû à la perforation des minces couches superficielles par le creusement de canaux. Dans cet état le polder peut être comparé à un bateau qui fait eau. On peut aussi considérer les couches à la surface comme une espèce de digue horizontale qu'on doit autant que possible laisser intacte.

En 1871, l'arrêt complet du pompage provoqua à nouveau, et en très peu de temps, la submersion du polder.

En 1878, un deuxième assèchement fut entrepris par deux propriétaires bruxellois : le marquis de Béthune et le comte d'Enne-

tières. L'assèchement ne fut possible qu'après l'installation d'une capacité de pompage beaucoup plus grande que celle de 1858.

Mais en 1895 il fut question d'un nouvel abandon : les frais du pompage dépassaient de beaucoup les revenus des terres (polder « calamiteux »).

Une solution provisoire a été trouvée en 1902 par l'institution d'un syndicat réunissant les polders adjacents, qui profitaient de l'évacuation des eaux d'infiltration du Béthune.

Enfin en 1930 une solution beaucoup plus économique a été adoptée : les eaux d'infiltration (douces par exception) sont maintenant bues par les consommateurs d'eau potable habitant la ville d'Amsterdam !

Il est intéressant de comparer le bilan d'eau du Béthune, donné ci-dessous avec celui du polder Nord-Est :

1 Précipitations	700 mm.	5. Evacuation	6.700 mm.
2 Infiltration	7.000 mm.	6 Evaporation	1.000 mm.
3 Eclusages	—	7 Rétention	p.m.
4 Irrigation	—		
	<hr/>		<hr/>
	7.700 mm.		7.700 mm.

Cette expérience servira également pour le projet du polder Est où les couches de surface présentent également une faible épaisseur. En outre, on peut profiter ici de la présence d'un mouvement d'eau souterrain pour l'étude de la constitution géotechnique du sol.

Ce courant est dû à la présence de terrains plus élevés au sud-est (la Veluwe) où s'infiltrent des eaux de pluie. Remarquons encore que, pour connaître les caractéristiques du sol, l'examen d'échantillons non remués pris dans les forages ne donne aucun résultat appréciable tandis que les résultats de puits d'essai sont seulement applicables à une surface relativement médiocre.

IV. — LA LUTTE CONTRE L'INVASION DU SEL.

Jusqu'ici je n'ai parlé que du volume des eaux qui menacent nos polders. Mais la qualité de ces eaux — leur teneur en sel en particulier — constitue un souci encore plus grave.

Nous touchons ici un problème d'une grande actualité pour notre pays en général, car si en ce moment des grands travaux hydrauliques sont en cours d'exécution dans l'embouchure des fleuves, c'est pour lutter contre un autre ennemi de notre pays : le sel.

Après des siècles d'une lutte glorieuse pour la sauvegarde des régions basses, on s'est rendu compte du fait qu'il ne suffit pas de repousser l'attaque des flots sur les remparts des digues et des dunes, mais qu'il faut aussi faire face à l'effort de la mer sur un front invisible : la concentration des eaux en sel.

Beaucoup de régions de notre pays souffrent d'une teneur en sel des eaux dans les canaux et fossés beaucoup trop élevée; et spécialement durant les dernières décades on a constaté une augmentation continue de la quantité de sel qui entre dans le pays. Le temps me manque pour insister sur ce phénomène très intéressant d'ailleurs au point de vue scientifique. Je me borne à nommer les quatre grandes « sources » de sel :

1. Les écluses entre la mer et les bassins d'eau douce où de grands volumes d'eau saumâtre peuvent entrer, soit par des éclusages, soit par des fuites;
2. Les embouchures des fleuves où les eaux de mer plus lourdes que les eaux d'amont se glissent sur le fond et pénètrent ainsi jusqu'à des dizaines de kilomètres à l'intérieur du pays;
3. Les eaux de mers fossiles présentes dans le sous-sol et qui — une fois un polder asséché — montent par le mouvement de l'infiltration dans la couche arable. (« la cinquième colonne »).
4. Le Rhin qui nous apporte les sels provenant des mines du bassin houiller de la Ruhr et des mines de potasse de l'Alsace.

L'effort réuni de ces agresseurs a donné lieu en 1947 et 1949 — années très arides — à des dommages considérables pour la

production agricole. Dans le « Westland », région de cultures maraîchères, la teneur en chlore des eaux des canaux avait monté jusqu'à environ 2.000 mg de Cl' par litre, alors qu'une teneur de 300 mg exerce déjà une influence nuisible.

Un des meilleurs moyens pour repousser cette nouvelle attaque de la mer, c'est de « purger » le système des bassins collecteurs (« boezems ») des polders et les eaux dans les polders avec de grandes quantités d'eau douce et de rejeter les eaux usées à la mer soit par gravitation, soit par pompage.

Pour cela, il faut disposer d'un grand réservoir d'eau douce dans lequel on peut puiser en été et c'était dans ce but que l'ingénieur Lely — le créateur du projet actuel — a préconisé la fermeture du Zuiderzee par une digue de barrage pour laisser une partie de l'ancien golfe sous l'eau.

Aujourd'hui les polders le long des côtes introduisent au printemps et en été de grandes quantités d'eau de qualité excellente.

Pour l'assèchement des polders futurs, les eaux du lac IJssel influencent favorablement la couche arable. Le fond du Zuiderzee a été recouvert par les eaux de mer durant des siècles et puisque ce fond restera maintenant plusieurs années sous les eaux douces du lac, il se produit un dessalement automatique de la couche arable tant que celle-ci n'est pas mise à sec. Voilà un autre avantage du réservoir d'eau. Déjà dans le Polder Nord-Est (1942) on a eu très peu de difficultés avec le dessalement des anciennes couches marines, contrairement à ce qui s'est passé dans le Wieringermeer (1930), endigué avant la fermeture de la digue de barrage (1932).

Dans la lutte contre la « cinquième colonne », le lac IJssel fournira également les moyens pour remporter une victoire décisive. Pour s'en rendre compte, il faut insister sommairement sur le problème de l'infiltration des eaux de mer fossiles.

Les forages dans le paquet perméable (fig. 1 et 2) — dans lesquels ont été placés des tubes à filtre permettant le prélèvement d'échantillons d'eau aux différentes couches — ont démon-

tré que la salinité des eaux dans les pores augmente avec la profondeur et que vers les assises des maxima de plus de 7.000 ou 8.000 mg de Cl sont atteints. Sous l'effet de l'infiltration ces eaux saumâtres se mettent en marche et montent dans la couche arable d'un nouveau polder. Cette remontée présente alors deux aspects pratiques : d'abord ces eaux nuisent aux crus et retardent la maturation des sols vierges; et ensuite les stations de pompage déversent les eaux d'infiltration dans le lac IJssel qui reçoit donc un apport considérable de sel (par an 500×10^6 kg de chlore provenant du Wieringermeer et 250×10^6 kg de Cl du Polder Nord-Est).

La présence de ces eaux saumâtres a intéressé les hydrologues dès qu'elle fût découverte et un grand nombre d'hypothèses a été émis concernant leur genèse. Il est tout indiqué de chercher l'explication dans l'histoire géologique durant la sédimentation du paquet de sable et on ne s'étonnera pas de trouver cinq transgressions marines successives — dont la plus récente est celle du Zuiderzee — suivies de régressions. L'observation des changements récents a fait conclure que la présence des eaux de mer fossiles peut être expliquée par diffusion des eaux salées provenant principalement des assises tertiaires.

A la longue, les eaux souterraines d'un polder seront remplacées par les eaux extérieures. Dans le cas des polders du Zuiderzee on aura donc finalement les eaux douces du lac IJssel, le paquet perméable étant entièrement pénétré d'eau douce.

Maintenant, on peut se rendre compte des lacunes que présenterait un projet d'assèchement dans lequel ne figureraient ni digue de barrage ni réservoir d'eau douce : alors on aurait reçu à la longue les eaux de mer du Zuiderzee d'une teneur en chlore beaucoup plus élevée que la moyenne des eaux qui montent à présent, et qui sont des eaux de mers fossiles.

SOMMAIRES DES TOMES PARUS PRECEDEMMENT

Tome I. — Fascicules n^{os} 1 et 2. — 1940.

F. CAMPUS. — Introduction.

Ch. MASSONNET. — Les relations entre les modes normaux de vibration et la stabilité des systèmes élastiques.

Fascicule n^o 3. — 1940.

F. CAMPUS. — Préface.

E. FOULON. — Les polygones funiculaires gauches et leurs applications au calcul des constructions à trois dimensions.

Fascicule n^o 4. — 1941.

F. CAMPUS. — Editorial.

E. NIHOUL. — Montage rationnel des pièces obliques longues soumises à la compression.

H. HONDERMARCQ. — Etude des tabliers de pont à dalle nervurée ou à dalle continue reposant sur des longerons.

Tome II. — 1947.

F. CAMPUS. — Introduction.

F. CAMPUS. — Le Centre d'études, de recherches et d'essais scientifiques (C.E.R.E.S.) des constructions du Génie civil et d'Hydraulique fluviale de l'Université de Liège.

A. Génie civil.

F. CAMPUS. — Bétons compacts pour ouvrages massifs hydrauliques.

R. JACQUEMIN. — Recherches sur l'hydratation des liants hydrauliques.

R. DANTINNE. — Extensomètres, fleximètres et clinomètres réalisés au laboratoire.

F. CAMPUS et R. JACQUEMIN. — Essais d'endurance sur traverses de voies ferrées en béton armé ou précontraint.

F. CAMPUS. — Questions fondamentales en matière de constructions goudées.

B. Hydraulique fluviale.

J. CHAUDOIR. — Introduction à l'hydrologie de la Vesdre.

J. LAMOEN. — Le coup de bélier d'Allievi, compte tenu des pertes de charge continues.

Tome III, — 1948.

1. Editorial.
2. F. CAMPUS. — L'activité du C.E.R.E.S. de 1947 à 1948.

A. Génie civil.

3. F. CAMPUS. — René Féret.
4. H. HONDERMARCQ. — Le pont du contournement de Leuze.
5. Ch. MALLET. — Le béton précontraint. Applications nord-africaines.
6. M. GAUTIER. — Barrage des Beni-Bahdel. Le problème des fuites sous l'évacuateur de crues.
7. A. HORMIDAS. — La reconstruction du Pont des Arches sur la Meuse à Liège.
8. R. DANTINNE. — Les vibrations du sol, leur mesure et leurs effets.
9. E. FOULON. — Etude des allégements réalisables dans les sections des barres laminées. Proposition de séries standard allégées.

B. Hydraulique.

10. R. SPRONCK et J. TRIQUET. — Hydrographie de la côte océane du Congo belge.
11. J. LAMOEN. — Essais sur modèles réduits pour des barrages-déversoirs. Première partie : Etude des effets d'échelle.

Tome IV. — 1949.

1. F. CAMPUS. — Editorial.
2. F. CAMPUS. — Compte rendu succinct de l'activité du C.E.R.E.S. du 1^{er} juillet 1948 au 30 juin 1949.

A. Génie Civil.

3. Ch. MASSONNET. — Résolution graphomécanique des problèmes généraux de l'élasticité plane.
4. G. MARECHAL. — Application des travaux de fascinages à l'entreprise de la rectification de la Senne en aval de Bruxelles.
5. F. STUSSI. — L'état actuel de la construction des ponts en bois.

B. Hydraulique.

6. A. JORISSEN. — Contribution à l'étude des pertes de charge continues dans les conduites circulaires.
7. J. LAMOEN. — Essais sur modèles réduits pour des barrages-déversoirs. Deuxième partie : Etude des affouillements et Annexes au mémoire.

Tome Spécial — 1950.

Communications du Cycle d'Etudes relatif à la collaboration de divers spécialistes à l'activité de l'ingénieur civil des constructions.

- 1) F. CAMPUS. — Introduction aux communications du Cycle d'études relatif à la collaboration de divers spécialistes à l'activité de l'ingénieur civil des constructions.
- 2) F. J. KAISIN. — La collaboration du Géologue et de l'Ingénieur du Génie Civil.
- 3) L. J. PAUWEN. — La collaboration du Topographe à l'activité de l'Ingénieur civil des constructions.
- 4) E. DHUICQUE. — De la collaboration de l'Architecte à l'activité de l'Ingénieur civil des constructions.
- 5) C. CAMERMAN. — Un aspect de la collaboration du Chimiste à l'activité de l'Ingénieur civil des constructions. La défense contre les méfaits de l'ion SO_4 .
- 6) J. LAMOEN. — La collaboration du Laboratoire de recherches hydrauliques à l'activité de l'Ingénieur civil des Constructions.
- 7) R. L'HERMITE. — La collaboration du Laboratoire d'essais des matériaux et des constructions à l'activité de l'Ingénieur civil des constructions.
- 8) M. BUISSON. — La collaboration du Laboratoire de Mécanique des sols à l'activité de l'Ingénieur civil des constructions.
- 9) M. BUISSON. — La collaboration de l'Organisme de contrôle à l'activité de l'Ingénieur civil des constructions.
- 10) L. MOUREAU. — Notes sur la responsabilité des spécialistes appelés à collaborer aux constructions du génie civil.

Tome V. — 1951.

- 1) F. CAMPUS. — Editorial.
- 2) F. CAMPUS. — Compte rendu succinct de l'activité du C.E.R.E.S. du 1^{er} juillet 1949 au 31 décembre 1950.

A. Constructions du Génie Civil.

- 3) E. FOULON. — Calcul des serrements de mines. — Méthode simplifiée.
- 4) Ch. MASSONNET. — Recherches expérimentales sur le voilement de l'âme des poutres à âme pleine.
- 5) A. VANDEGHEN et M. ALEXANDRE. — Essais de torsion sur poutres en caisson.

B. *Hydraulique fluviale.*

— I —

- 6) E. MEYER-PETER. — Transport de matières solides en général et Problèmes spéciaux.

— II —

Mémoires présentés à la sous-section « Océanographie et Hydrologie » du III^e Congrès National des Sciences 1950.

- 7) F. CAMPUS. — Les formules du mouvement uniforme dans un canal prismatique considérées du point de vue de l'hydraulique fluviale.
- 8) R. E. L. CODDE. — Etudes physico-chimiques du Bassin maritime de l'Escaut.
- 9) H. MARECHAL. — Terminologie et définition de quelques données caractéristiques pour l'étude d'installations hydroélectriques.
- 10) R. SPRONCK. — Abaque universel de l'écoulement uniforme dans les canaux découverts.
- 11) L. J. TISON. — La propagation des ondes de crue dans une région lacustre.
- 12) L. J. TISON. — Courants à la sortie des lacs et des réservoirs (nouvelles recherches).

Tome spécial — 1952.

- F. DUMAS. — Les dernières réalisations et les tendances actuelles en France dans le domaine des écluses de navigation.
-