

HILGERS et RENARD

Ingénieurs

**Problèmes soulevés
par le
détournement
des rivières
poldériennes
Vliet, Zielbeek
et Appeldonkbeek
lors du creusement
du nouveau
débouché du canal
maritime
dans l'Escaut**

Extrait de
**LA TECHNIQUE
DE L'EAU
et de l'assainissement**
Nos 263-264

9, rue de Monastère
Bruxelles 5 - Tél.: 47.00.73



Problèmes soulevés par le détournement des rivières poldériennes Vliet, Zielbeek, et Appeldonkbeek lors du creusement du nouveau débouché du canal maritime dans l'Escaut

par HILGERS et RENARD

Ingénieurs

INTRODUCTION

L'étude publiée ci-dessous a été menée par les signataires grâce au montant du Prix Jules Zone attribué par le Comité du Fonds des Bourses d'Etudes de la Société Royale Belge des Ingénieurs et des Industriels.

Commencée au début 1966, elle a été achevée à la fin du printemps 1968, les mesures sur les rivières demandant un certain étalement dans le temps.

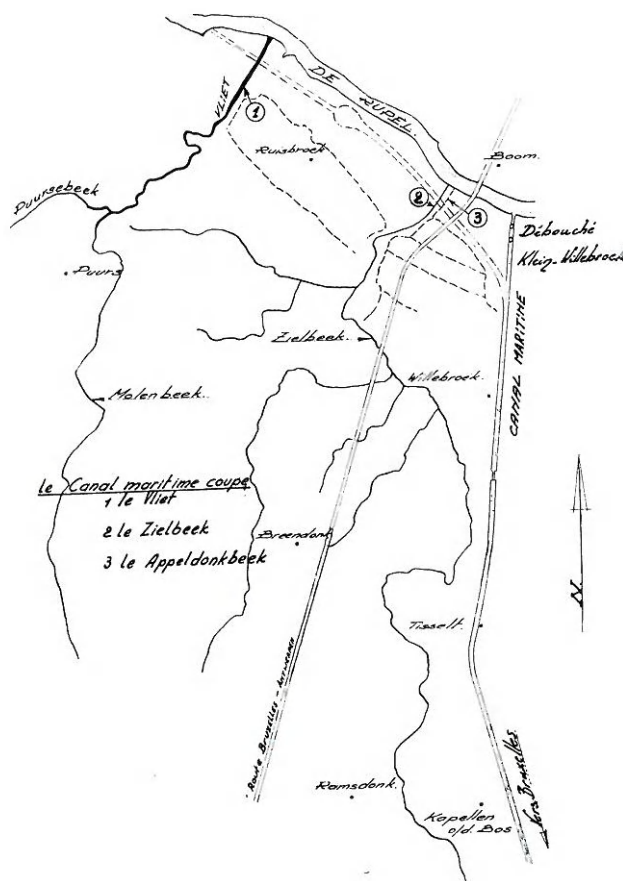
Nous remercions Monsieur Berger-Hainaut, et Monsieur Stiévenart, respectivement Président et Directeur du Comité du Fonds des Bourses d'Etudes, pour l'aide accordée et les encouragements qu'ils nous ont prodigués après la remise de notre mémoire partiel en 1967.

I. GENERALITES

1. Problème posé

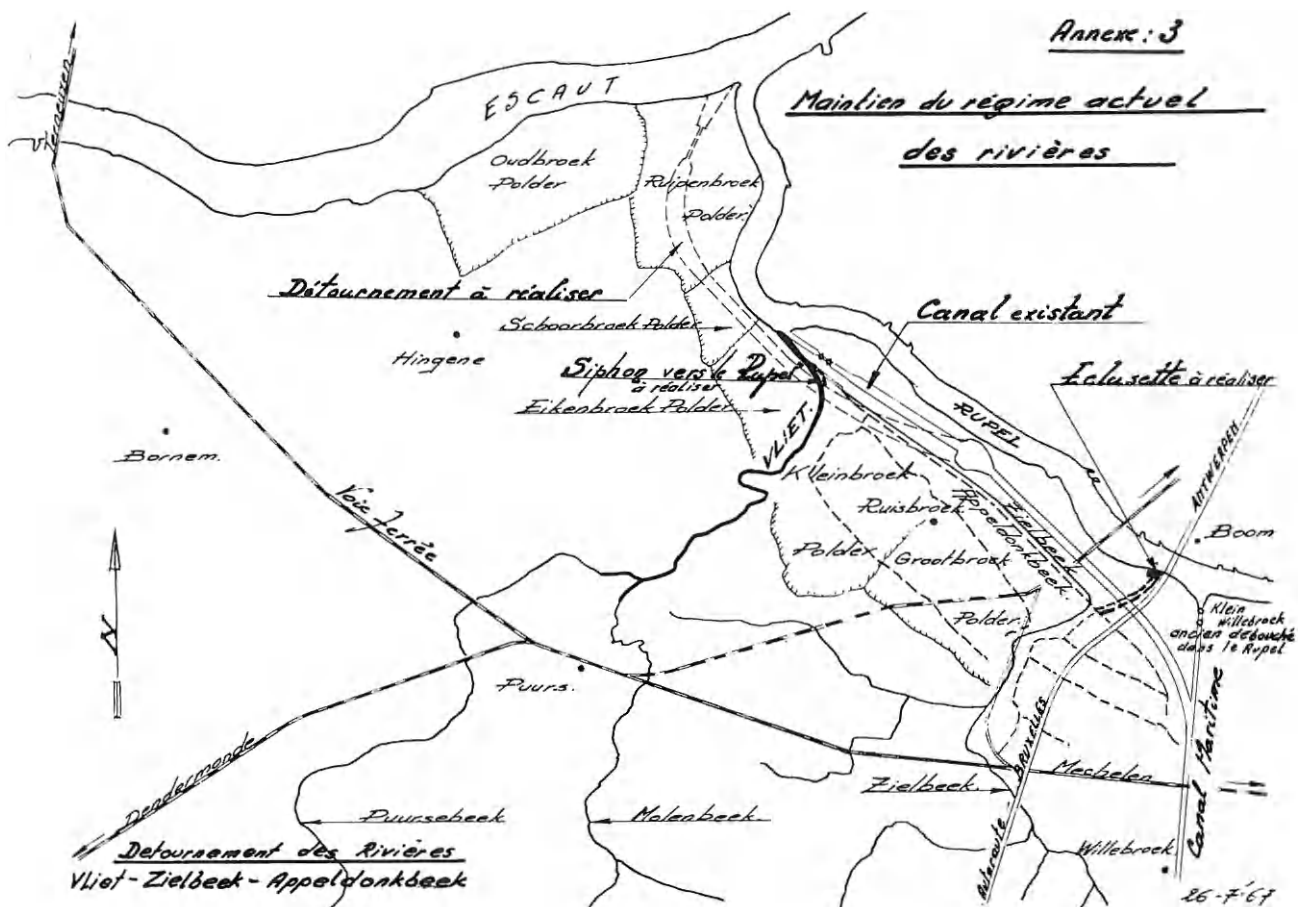
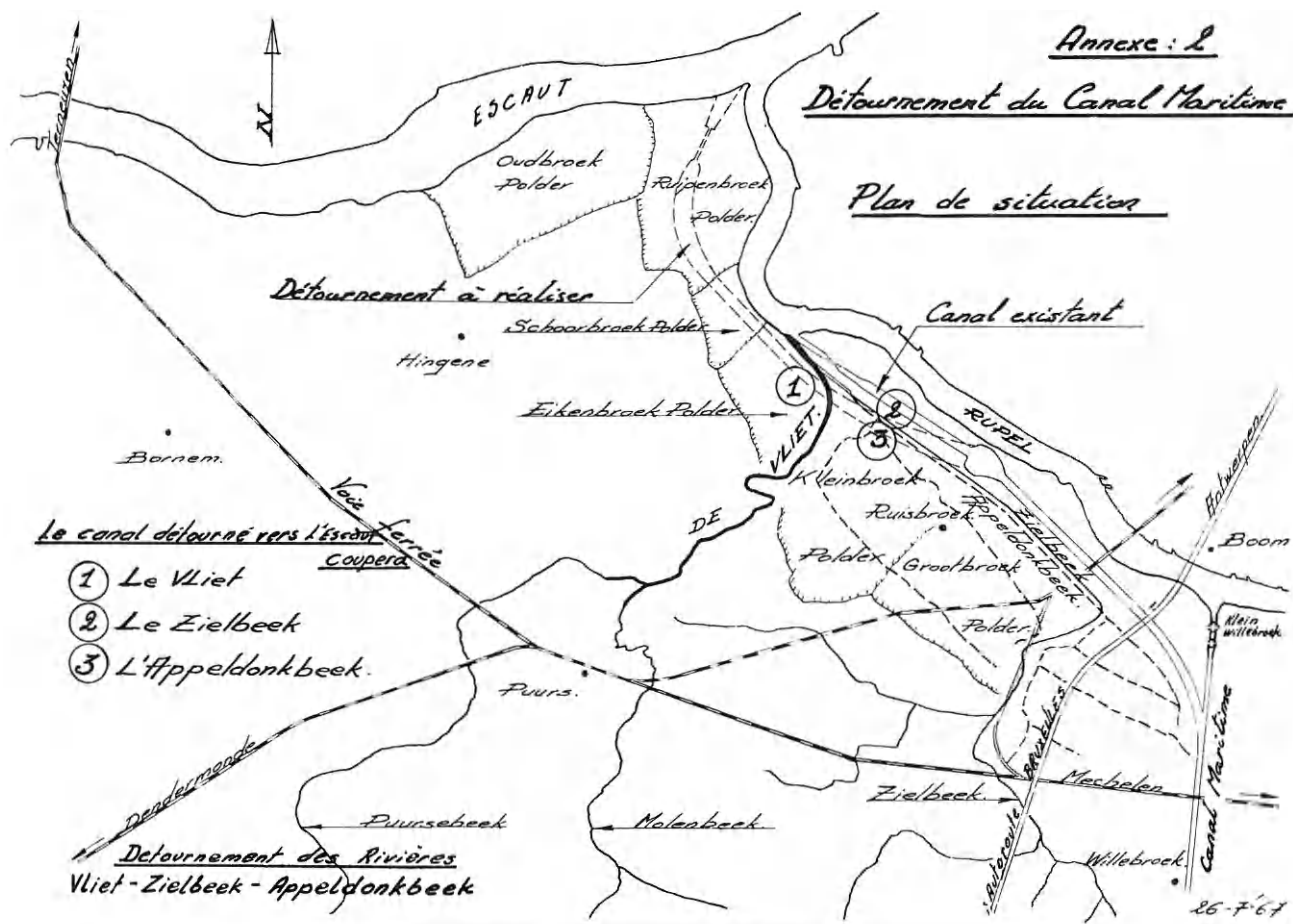
Avant la construction du canal maritime de Bruxelles l'ancien canal accessible à la navigation intérieure seulement, débouchait dans le Rupel à Klein-Willebroek (voir annexe 1).

Lorsqu'au début du siècle furent entrepris les grands travaux pour porter le gabarit du canal ancien à celui d'un canal maritime (profondeur 6,50 m, largeur moyenne du plan d'eau 40 m) le débouché fut déplacé vers l'aval du Rupel jusqu'à la commune de Wintam. Le nouveau tronçon du canal ainsi construit coupait les rivières Appeldonkbeek, Zielbeek et Vliet de leurs débouchés normaux dans le Rupel. Les trois rivières furent détournées: les deux premières déversent leurs eaux par l'intermédiaire d'éclusettes à marées dans le Vliet resté lui soumis à l'action de la marée. Ces travaux ont encore accentué le caractère particulier de la région aval du bassin hydrographique de ces rivières. En effet, aucune des



ANNEXE 1

Situation au début du siècle avant les travaux pour porter le gabarit du canal ancien à celui d'un canal maritime.



trois rivières ne peut normalement écouler son débit et les inondations de milliers d'hectares de terrains se produisent plusieurs fois par an.

Le plan des travaux de modernisation du Canal Maritime élaboré en 1959/61 par un des soussignés (1) prévoit le débouché du canal non pas dans le Rupel mais dans l'Escaut à Hingene et ce par la construction d'un nouveau tronçon qui aura son origine à hauteur du Hellegat et débouchera dans l'Escaut aux abords immédiats du confluent de ce fleuve avec le Rupel lequel s'avère de moins en moins praticable à la navigation de grosses unités de convois poussés. Le nouveau tronçon du canal coupera donc les rivières Zielbeek et Appeldonkbeek détournées ainsi que le Vliet (cfr. annexe 2).

Il s'est donc avéré nécessaire d'étudier les solutions possibles pour résoudre cet important problème.

2. Solutions possibles

2.1. Maintien du régime actuel

Il est possible d'envisager de maintenir le régime actuel des cours d'eau en les faisant déboucher dans le Rupel par des éclusettes à marée après les avoir fait passer en siphon sous le nouveau canal. Le Vliet serait lui maintenu sous l'effet de la marée (cfr. annexe 3).

2.2. Soustraire le Vliet aux marées

Le régime actuel du Zielbeek et de l'Appeldonkbeek est maintenu tandis que le Vliet est soustrait aux marées. A cet effet, ces 3 cours d'eau devront passer en siphon en-dessous du canal; l'éclusette de marée sur le Zielbeek et l'Appeldonkbeek sera maintenue.

Quant au Vliet, il sera soustrait à la marée par la construction d'une éclusette nouvelle (cfr. annexe 4).

L'estimation de ces travaux se chiffre à 65 millions de fr.

2.3. Amélioration du régime actuel

Suivant l'idée d'un des auteurs (1), soucieux d'améliorer l'écoulement des trois rivières et par conséquent de démerger les Polders traversés par celles-ci, il a été procédé à l'étude d'une amélioration des régimes d'écoulement actuels par la mise sous contrôle des débits grâce à la construction de stations de pompage.

Diverses solutions se présentent qui sont reprises ci-après:

2.3.1. Séparation des eaux propres et des eaux polluées des cours d'eau

Les eaux propres seraient pompées à l'intervention d'un déversoir dans le canal, tandis que les eaux polluées passeraient en siphon sous le canal pour être pompées dans le Rupel.

Les eaux du Zielbeek sont suffisamment propres pour être pompées dans le canal, à tous les débits; il n'y a donc pas lieu de prévoir une canalisation pour leur évacuation vers le Rupel.

Les eaux de l'Appeldonkbeek constituées en majeure partie des eaux d'égouts de la commune de Willebroek ne sont jamais suffisamment propres pour être utilisées dans le canal et seront donc toujours évacuées vers le Rupel.

Les eaux du Vliet sont en cas de débit normal ou fort suffisamment propres pour être acceptées dans le canal; par contre, les faibles débits sont évacués vers le Rupel, les eaux dans ce cas étant trop polluées (cfr. annexe 5).

Le prix des travaux pour cette solution est estimé à 88.000.000 fr.

2.3.2. Même solution que ci-avant, mais les eaux polluées du Vliet lors des petits débits de celui-ci, seraient évacuées vers l'Escaut au moyen d'un égout, à construire au pied de la digue de rive gauche du futur canal.

Cet égout récolterait également les eaux résiduaires de Hingene et de Wintam et le tout serait dirigé sur l'Escaut à l'intervention d'une station de pompage (cfr. annexe 6).

Le prix de cette solution est estimé à 88.000.000 fr.

2.3.3. Solution combinée qui maintient les éclusettes de marée et prévoit l'intervention d'une station de pompage uniquement pour les forts débits.

2.3.4. S'il s'avérait que la pollution des eaux du Vliet et du Zielbeek ne permettait pas de pomper celles-ci dans le canal, ces cours d'eau passeraient en siphon en dessous du canal et leurs eaux seraient pompées dans le Rupel (cfr. annexe 7).

L'estimation des travaux pour cette solution s'élève à 100.000.000 fr.

3. Solutions retenues

Considérant que les communes de Puurs et de Willebroek vont procéder à la construction de stations d'épuration sur l'Appeldonkbeek à Willebroek et sur le Vliet à Puurs, les solutions ci-après ont finalement été retenues:

a) Pour le Vliet

Construction d'une station de pompage afin de permettre le pompage de toutes les eaux dans le canal à l'intervention d'un déversoir. Des pompes d'étiages peuvent évacuer les faibles débits dans le Rupel quand la gravité ne suffit pas à le faire.

b) Pour le Zielbeek et l'Appeldonkbeek

Une station de pompage pour le pompage des eaux dans le canal et la possibilité d'un écoulement au pompage à marée basse par passage en siphon sous le canal actuel.

II. ETUDE DES RIVIERES

1. Vliet

1.1. Généralités

Le bassin hydrographique du Vliet, situé sur les territoires des provinces de Brabant et d'Anvers a une superficie de 15.949 ha et s'étend de Hingene jusqu'aux abords de Bruxelles.

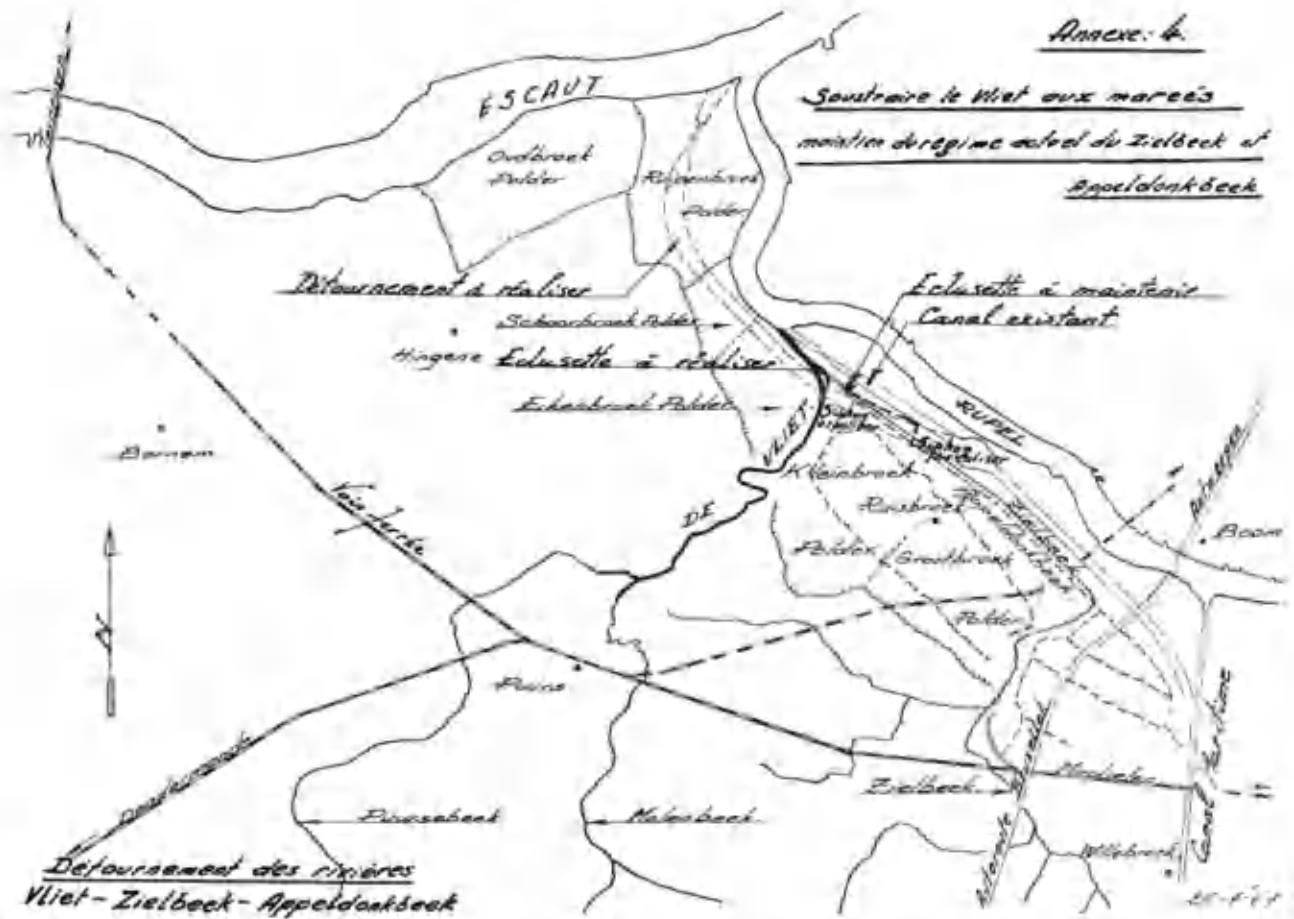
(1) N. Hilgers.

Answer: 4.

Soustraire le Vlet aux marées

maintien du régime actuel du Ziebeck et

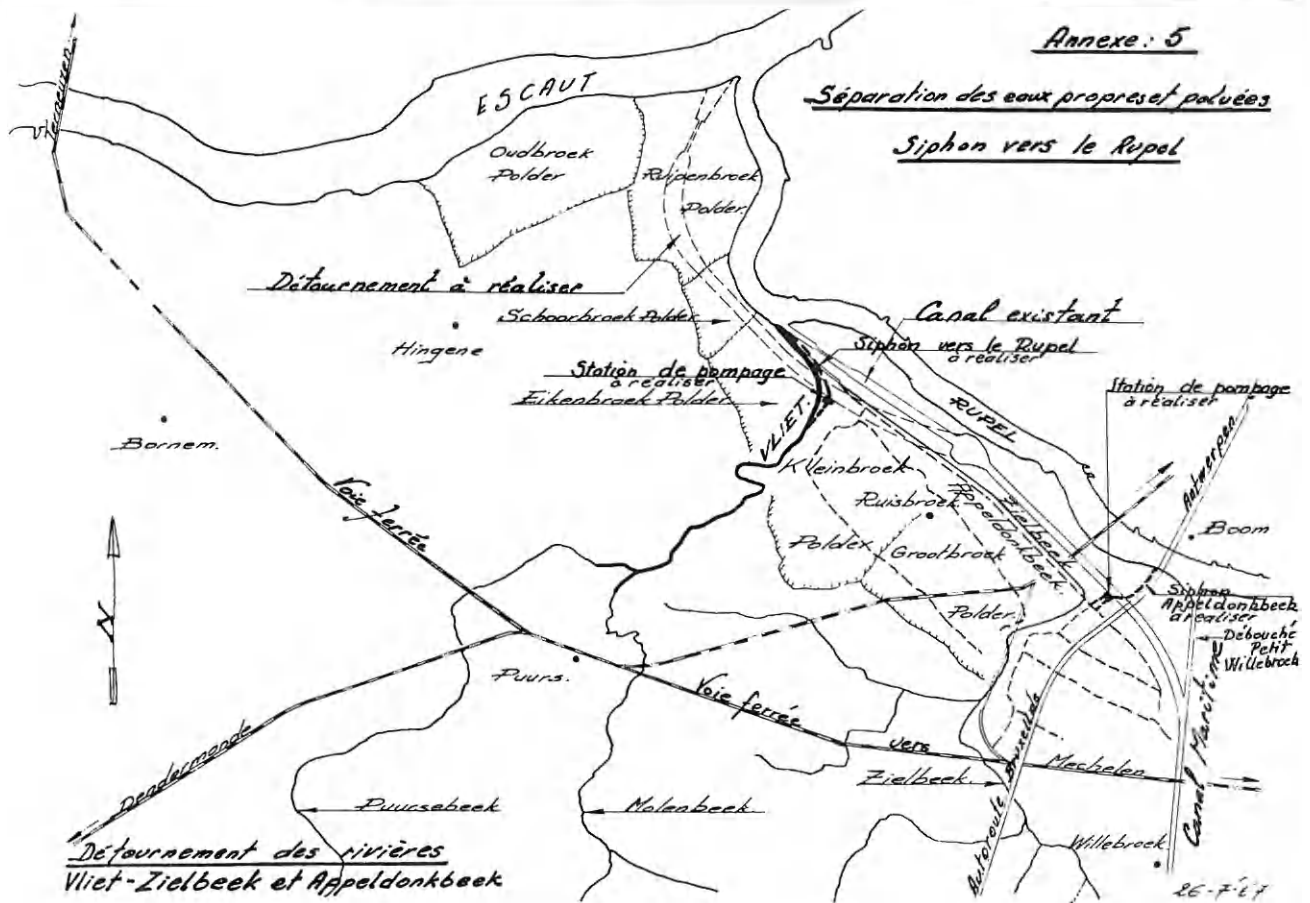
Spiegelontdek



Annexe: 5

Séparation des eaux propres et polluées

Siphon vers le Rupel



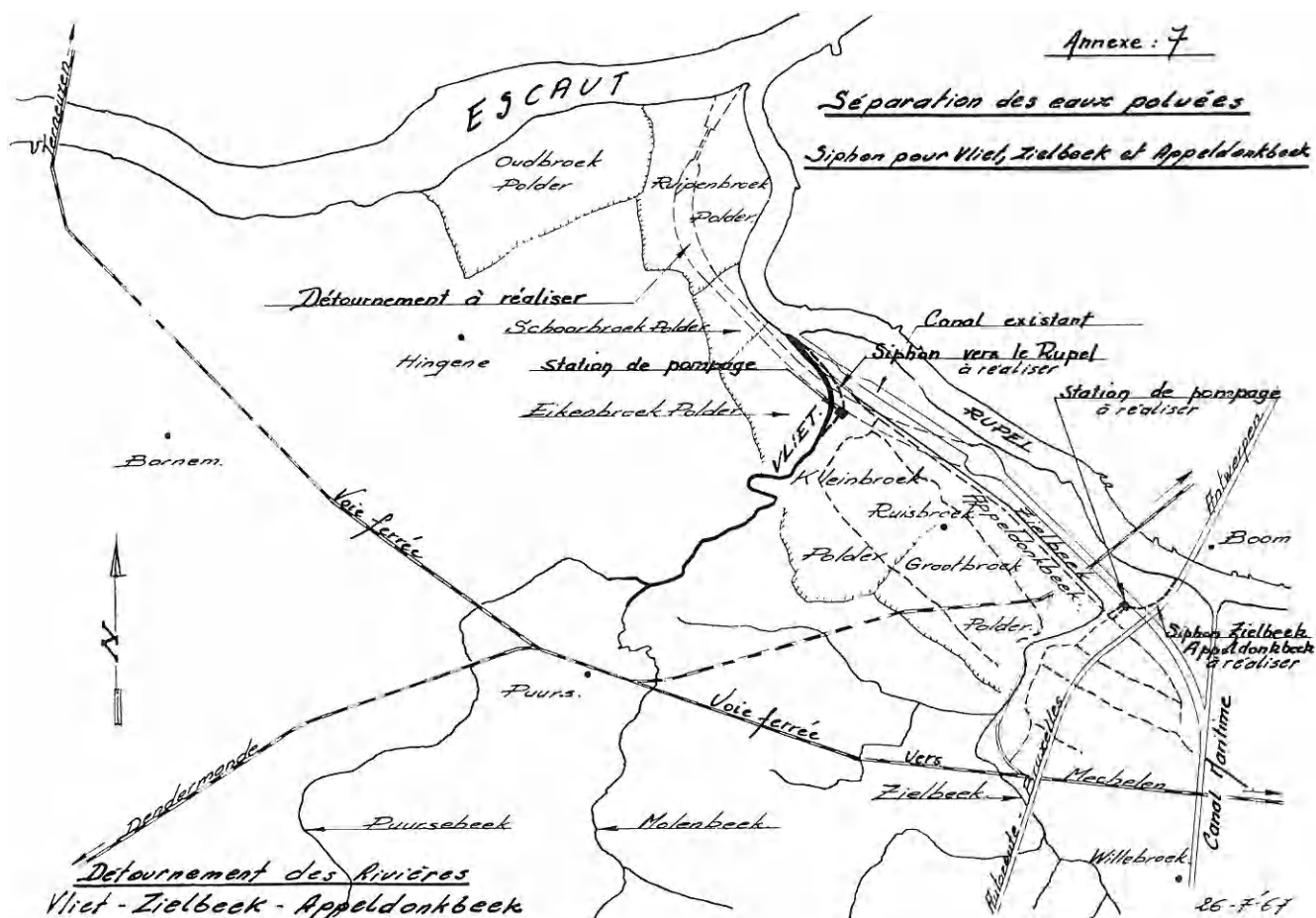
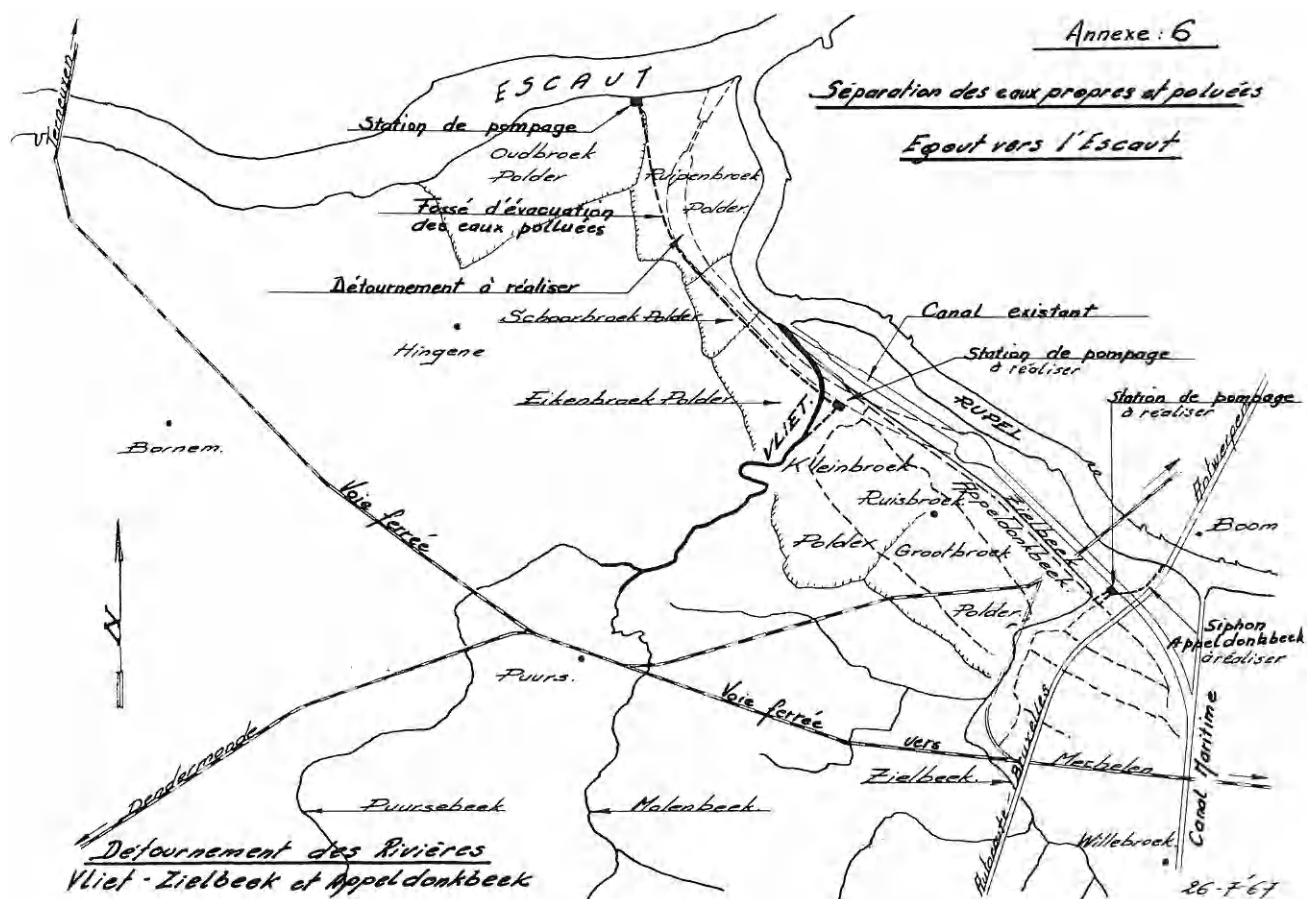




Photo 1. — L'Appeldonkbeek et le Zielbeek: tronçons rectilignes de l'ancien détournement.



Photo 2. — L'Appeldonkbeek et le Zielbeek: vue prise des éclusettes à marée vers l'aval.



Photo 3. — Débouchés du Zielbeek et de l'Appeldonkbeek dans le Vliet: les éclusettes à marée.

L'annexe 8 donne la liste des communes dont les eaux sont entièrement ou partiellement évacuées par le Vliet ainsi que, par commune, la superficie des parcelles situées dans le bassin hydrographique du Vliet. Les superficies qui figurent dans le tableau inférieur de cette annexe, sont celles situées à des cotes de niveau inférieures à (+ 5 m).

Le cours inférieur du Vliet est sujet à marée. Ceci provoque des inondations favorisées par le mauvais état des digues lorsqu'une forte marée haute dans l'Escaut coïncide avec un fort débit du cours supérieur de cette rivière, à la suite de chutes de pluies abondantes.

Les champs en bordure de la partie du Vliet soumise à marée, sont démergés à l'aide de tuyaux munis de clapets. Ces clapets se ferment à marée haute sous la poussée de l'eau du Vliet et s'ouvrent à marée basse sous la poussée des eaux des fossés qui traversent ces champs. Le système d'écoulement est exposé dans l'annexe 9.

Le Vliet reçoit divers ruisseaux dont le principal est le « Molenbeek » (bassin hydrographique de 3.910 ha).

Ce ruisseau lâche ses eaux dans le Vliet à l'intervention d'une écluette à marée située sur le territoire de la commune de Puurs. Etant donné que la durée d'ouverture de cette écluette dépend du niveau de l'eau dans le Vliet, il s'en suit que chaque inondation du bassin hydrographique du Vliet entraîne ipso-facto l'inondation du bassin du Molenbeek.

Le cours inférieur du Vliet a été rendu navigable en son temps jusque Puurs. L'industrialisation espérée de cette partie canalisée ne s'est cependant jamais réalisée et ce tronçon de canalisation est actuellement en ruine.

Pour l'instant, toute navigation sur le Vliet a pratiquement cessé comme son accès au Rupel sera supprimé; cette rivière a été reclassée par Arrêté Royal comme cours d'eau non navigable.

1.2. Le débit du Vliet

Comme cette rivière est soumise à marée à l'aval et reçoit un débit d'amont, il est difficile de mesurer ce dernier.

Nous avons essayé de connaître le débit maximum (et débit minimum), d'abord à l'aide de données générales transmises par divers organismes étrangers confrontés avec les mêmes problèmes; elles en appliqueront les théories relatives aux rapports entre chute d'eau et débit d'une rivière.

Au second stade de notre étude, nous avons déduit la valeur du débit du Vliet par mesurage du débit de son affluent principal, le Molenbeek, non soumis à marée. Nous avons placé deux limnigraphes, un sur le Vliet même, l'autre sur le Molenbeek. Ceux-ci nous permettent de constater à tout moment le débit, par lecture sur une courbe donnant le débit en fonction du niveau de l'eau. La courbe précitée a été réalisée à l'aide de mesurages de débit au moyen d'appareil Waltman, à différents niveaux de la rivière. C'est le service hydrologique du Ministère des Travaux Publics qui a effectué ces mesurages. Cette

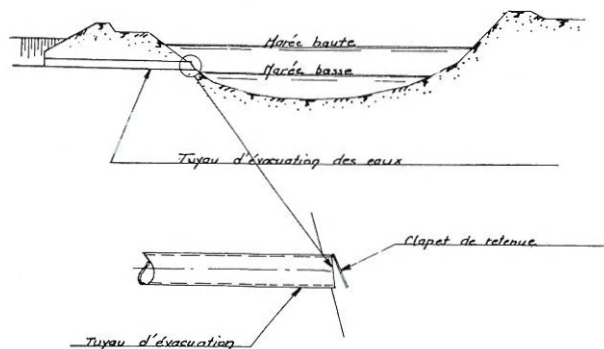
ANNEXE 8

Liste des communes donnant la superficie des parcelles comprises dans le bassin hydrographique du Vliet

Communes	Province	Superficie partielle du bassin hydrographique situé dans les communes
Asse	Brabant	849 ha
Bekkerzeel	Brabant	5 ha
Bornem	Antwerpen	1.100 ha
Breendonk	Antwerpen	67 ha
Brussegem	Brabant	1.473 ha
Buggenhout	Oost-Vlaanderen	550 ha
Hingene	Antwerpen	560 ha
Kobbegem	Brabant	264 ha
Liezele	Antwerpen	650 ha
Lippelo	Antwerpen	430 ha
Londerzeel	Brabant	1.643 ha
Malderen	Brabant	811 ha
Mariekerke	Antwerpen	96 ha
Maxenzeel	Brabant	105 ha
Meise	Brabant	20 ha
Merchtem	Brabant	1.665 ha
Mollem	Brabant	687 ha
Opdorp	Oost-Vlaanderen	520 ha
Oppuurs	Antwerpen	470 ha
Opwijk	Brabant	405 ha
Puurs	Antwerpen	750 ha
Ruisbroek	Antwerpen	40 ha
Steenhuffel	Brabant	1.013 ha
Sint-Amands	Antwerpen	385 ha
Wolvertem	Brabant	1.282 ha
Zellik	Brabant	109 ha
Total		15.949 ha

Liste des communes donnant la superficie des parcelles asséchées par pompage

Bornem	Antwerpen	644 ha
Hingene	Antwerpen	583 ha
Liezele	Antwerpen	230 ha
Lippelo	Antwerpen	117 ha
Oppuurs	Antwerpen	171 ha
Puurs	Antwerpen	747 ha
Total		2.492 ha



ANNEXE 9

Vliet — Système de drainage des terrains en bordure.



Photo 4. — Débouché du Molenbeek dans le Vliet à Puurs. Eclusettes à marée.



Photo 5. — Terrains inondés le long du Vliet.



Photo 6. — Terrains inondés le long du Vliet.

dernière méthode nous permettra après une certaine période de fixer avec certitude le débit maximum du Vliet.

1.2.1. Théories générales - Données d'autres rivières

Au début de notre étude sur le Vliet et ses affluents, nous avons pour le calcul du débit considéré les hypothèses citées sous a) et b) ci-après. Au cours de notre étude et suite à des contacts avec d'autres services s'occupant du même problème nous sommes arrivés au coefficient cité sous c).

a) Le débit maximum d'une rivière avec un bassin hydrographique comparable tant en ce qui concerne la superficie, la cote de niveau et la végétation à celui du Vliet, est égal à la superficie du bassin hydrographique multipliée par 1,1 lit/ha/sec.

Pour le Vliet:

$$Q \text{ max.} = 15.949 \text{ ha} \times \frac{1,1 \text{ lit.}}{\text{ha/sec.}} = 17.543 \text{ lit./sec} = 17,543 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

b) Le débit moyen d'une rivière, dans les conditions sous a) précité, est obtenu en appliquant le coefficient 0,08 lit./ha/sec.

Pour le Vliet:

$$Q \text{ moyen} = 15.949 \text{ ha} \times \frac{0,08 \text{ lit.}}{\text{ha/sec.}} = 1.255 \text{ lit./sec.} = 1,255 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

c) Notre Société a pris contact avec divers services tant belges qu'étrangers (Hollande-Allemagne): ceux-ci nous ont transmis les chiffres ci-après:

Ministère de l'Agriculture	1,2 l/ha/sec
Dienst der Nederlandse Polders	1,5 l/ha/sec
Nederlandse Kultuurtechnische Dienst	0,96 l/ha/sec
Chiffre d'application bassin hydrographique de la petite Nèthe	0,78 l/ha/sec

En appliquant les chiffres précités au bassin hydrographique du Vliet, nous arrivons aux diverses valeurs du débit maximum reprises à l'annexe 10.

Le débit le plus élevé est obtenu en appliquant les chiffres donnés par le « Dienst der Nederlandse Polders » soit 23,9 m³/sec.

Le débit le plus faible est obtenu en appliquant le coefficient du bassin hydrographique de la petite Nèthe, soit 11,49 m³/sec.

En prenant la moyenne des chiffres données par les organismes on obtient comme débit maximum 17,4 m³/sec.

Le bassin hydrographique du Vliet est constitué par les bassins hydrographiques de différents ruisseaux que nous énumérons ci-après avec la superficie de leur bassin hydrographique.

ANNEXE 10

Le débit du Vliet — Données d'autres rivières

Origine Débit unitaire	Débit unitaire ha/sec	Q maximum Vliet m³/sec
Ministère de l'Agriculture	1,2 l/ha/sec	19.138 m³/sec
Dienst der Nederlandse Polders	1,5 l/ha/sec	23.923 m³/sec
Nederlandse Kultuur Technische Dienst	0,96 l/ha/sec	15.311 m³/sec
Chiffre constaté sur le bassin de la petite Nèthe	0,78 l/ha/sec	12.440 m³/sec

Bassin hydrographique	Superficie en ha	Q _b pour Q _v = 23,9 m³/sec	Q _b pour Q _v = 17,4 m³/sec	Q _b pour Q _v = 11,49 m³/sec
Hoofdsloot	315	0,460 m³/sec	0,326 m³/sec	0,220 m³/sec
Meir- en Schommelsluis	868	1,260 m³/sec	0,917 m³/sec	0,606 m³/sec
Puursbeek	1.658	2,407 m³/sec	1,752 m³/sec	1,157 m³/sec
Mollenbeek	3.910	5,676 m³/sec	4,133 m³/sec	2,729 m³/sec
Klaverbeek	2.305	3,344 m³/sec	2,434 m³/sec	1,607 m³/sec
Lippelobeek	7.409	10,753 m³/sec	7,828 m³/sec	5,169 m³/sec
	16.465	23,900 m³/sec	17,400 m³/sec	11,490 m³/sec

Q _b	= débit du ruisseau
Q _v	= débit du Vliet (= total des ruisseaux)
Q = 23,9 m³/sec	= débit maximum du Vliet suivant le « Dienst der Nederlandse Polders »
Q = 11,4 m³/sec	= débit Vliet par rapport au débit du bassin hydrographique de la petite Nèthe
Q = 17,4 m³/sec	= débit maximum du Vliet en application des coefficients cités au par. 1.2.1.c)

Nous donnons également leur débit maximum calculé en admettant que celui-ci est proportionnel à la superficie de leur bassin comparé à la superficie totale du bassin hydrographique du Vliet.

Discussion

Le chiffre donné par les « Diensten der Nederlandse Polders » est déduit d'une étude sur les rivières poldériennes régies par ce service. Etant donné que le Vliet n'est pas une rivière typiquement poldérienne, nous pouvons admettre que ce chiffre est trop élevé.

Le chiffre donné par le « Nederlandse Kultuurtechnische Dienst » est mieux d'application étant donné que les bassins hydrographiques de la plupart des rivières néerlandaises ressemblent du point de vue cotes de niveau, composition du sous-sol, constructions et plantations, au bassin hydrographique du Vliet.

Le Ministère de l'Agriculture nous a communiqué deux chiffres. Un chiffre général, applicable à toute rivière de l'allure du Vliet et un chiffre déduit d'une étude du bassin hydrographique de la petite Nèthe. Etant donné que les bassins hydrographiques de la petite Nèthe ont beaucoup de ressemblance du point de vue cote de niveau, plantations, constructions, etc..., nous pouvons admettre que le coefficient de débit des deux rivières établi en l/ha/sec sont du même ordre de grandeur.

1.2.2. Mesurage sur le Molenbeek

Principes:

Le Molenbeek déverse ses eaux dans le Vliet à l'intervention d'une écluse de marée.

Par marée, cette écluse reste fermée pendant des périodes qui varient de 5 heures par temps sec et faible marée, à 7 heures par temps pluvieux avec marée d'équinoxe.

Pendant la durée de fermeture de l'écluse les eaux du Molenbeek et de ses ramifications s'amoncellent en amont de cette écluse jusqu'au moment de son ouverture à la marée basse suivante. Le cours inférieur du Molenbeek fait donc pendant cette période office de bassin tampon.

Dans ce bassin, nous avons placé des limnimètres, en différents endroits repérés (section relevée en fonction des hauteurs d'eau) du ruisseau, depuis l'écluse jusqu'à la limite du bassin tampon.

L'annexe 11 donne une vue en plan du bassin tampon du Molenbeek, avec l'implantation des limnimètres, tandis que l'annexe 12 donne une coupe en travers à l'endroit des limnimètres.

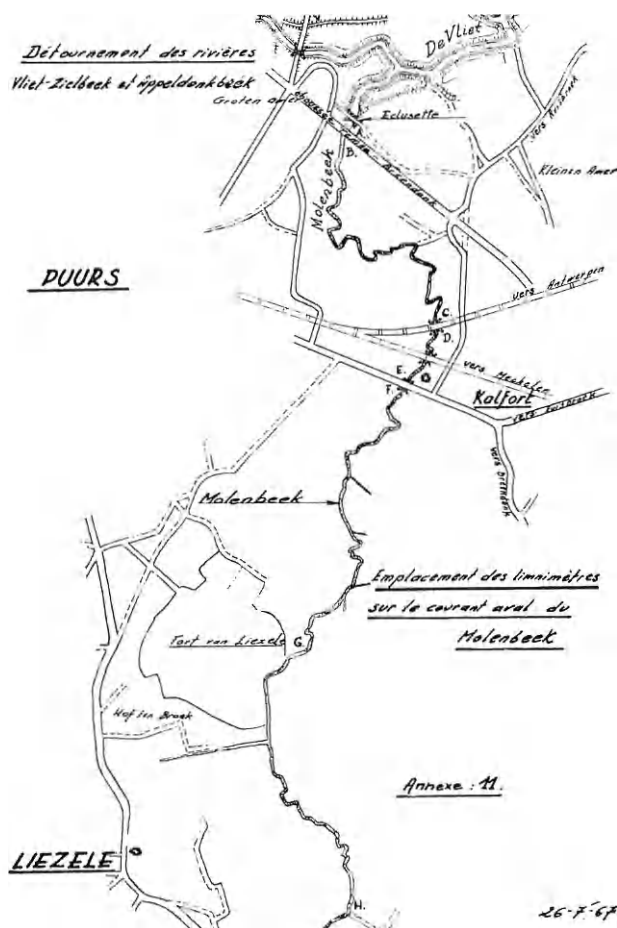
Durant la période de fermeture des écluses, la hauteur d'eau dans le Molenbeek a été régulière-

ment notée à l'endroit des limnimètres. Ceci nous a permis de dresser pour chaque limnimètre une courbe qui nous a donné les variations du niveau de l'eau depuis le début jusqu'à la fin des mesurages.

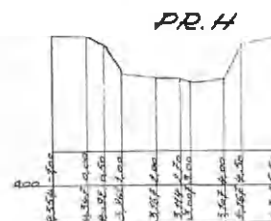
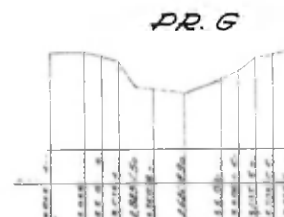
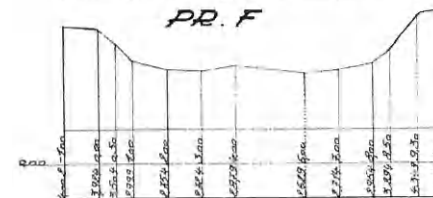
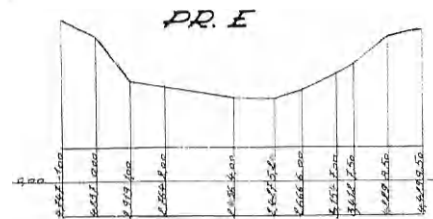
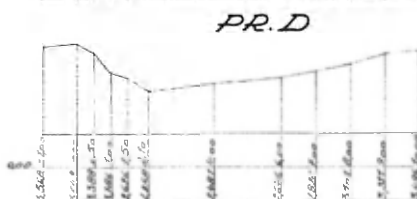
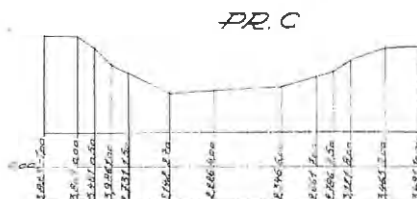
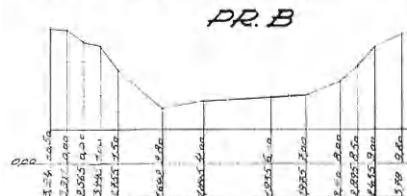
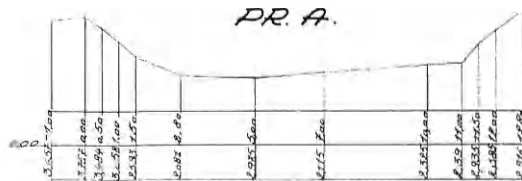
Connaissant la distance entre les limnimètres (elle fut mesurée sur le « Thalweg »), il nous est possible de mesurer le volume de l'eau qui s'est accumulée pendant la durée de fermeture de l'écluse, étant donné que nous connaissons les profils en travers au droit des limnimètres.

A l'aide de la courbe donnant la hauteur sur les limnimètres en fonction du temps, on détermine à n'importe quel moment le volume de l'eau accumulée, si petit soit-il. On peut donc déterminer avec précision le débit à n'importe quel moment entre le commencement et la fin des mesurages.

Si nous admettons que les débits du Molenbeek et du Vliet sont proportionnels à leurs bassins hydrographiques, nous pouvons mesurer le débit du Vliet pendant toute la durée des mesurages sur le Molenbeek. En effectuant plusieurs mesurages à des périodes différentes de l'année, on a déterminé le débit moyen du Vliet.



COURANT AVAL - MOLENBEEK - PROFILS EN TRAVERS



Annexe : 12 B

Detournement des rivières
Vliet - Zielbeek - Appeldonkbeek

Annexe : 12 A

Detournement des rivières
Vliet - Zielbeek - Appeldonkbeek

Mesurages effectués

De la manière décrite ci-avant, 5 mesures ont été effectuées sur le Molenbeek.

Les relevés ont débuté au moment de la fermeture des portes de l'éclusette de marée; ils ont été effectués à des intervalles de temps réguliers jusqu'au moment de la fermeture des portes.

Afin de fixer à l'avance les heures de mesure, les heures d'ouverture et de fermeture furent notées en fonction d'une période moyenne de marée (cfr. annexe 13).

Le tableau ci-dessous donne les résultats des mesures ainsi que les débits correspondant du Vliet, établis comme décrit ci-après.

Dans ce tableau:

Q_M moyen: débit moyen du Molenbeek le jour du mesurage

Q_M maximum: débit maximum du Molenbeek le jour du mesurage

Q_V moyen: débit moyen du Vliet le jour du mesurage

Q_V maximum: débit maximum du Vliet le jour du mesurage.

Date	Q_M moyen	Q_M maximum	Q_V moyen	Q_V maximum
13.04.1967	0,0887 m ³ /sec	0,1228 m ³ /sec	0,362 m ³ /sec	0,501 m ³ /sec
11.08.1966	0,1474 m ³ /sec	0,2013 m ³ /sec	0,601 m ³ /sec	0,821 m ³ /sec
24.08.1966	0,115 m ³ /sec	0,205 m ³ /sec	0,469 m ³ /sec	0,836 m ³ /sec
21.09.1966	0,094 m ³ /sec	0,107 m ³ /sec	0,383 m ³ /sec	0,436 m ³ /sec
07.10.1966	0,104 m ³ /sec	0,227 m ³ /sec	0,424 m ³ /sec	0,926 m ³ /sec



Photo 7. — Un polder du Vliet sous eau.



Photo 8. — Terrains sous eau le long de l'Appeldonkbeek.

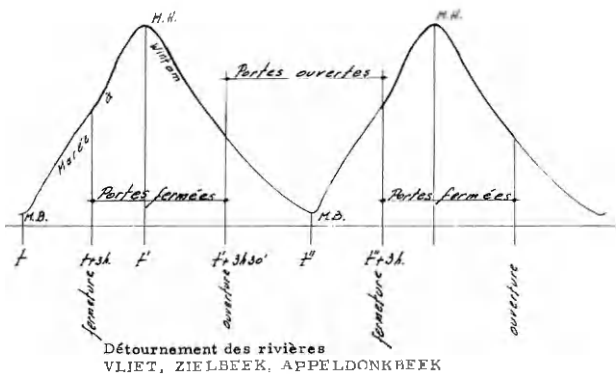


Photo 9. — Le Vliet à marée basse.

ANNEXE 13

Mesurages des niveaux sur le Molenbeek

	Schéma horaire	Heure probable
Marée montante	Marée basse à Wintam	t
	Fermeture des dernières portes busquées	t + 3 h
Marée descendante	Marée haute à Wintam	t'
	Ouverture des portes busquées	t' + 3 h 30'
	Marée basse à Wintam	t''
Marée montante	Fermeture des dernières portes busquées	t'' + 3 h
	— Début de la montée	t - 0 h 30'
	— Heure probable du premier enregistrement	t
	— Fin des constatations	t'' + 3 h



Remarque:

Pour déterminer le débit moyen et le débit maximum du Vliet, nous admettons que les débits du Molenbeek et du Vliet sont proportionnels respectivement à la superficie de leur bassin hydrographique.

$$\frac{\text{Superficie Vliet}}{\text{Superf. Molenbeek}} = \frac{15.949 \text{ ha}}{3.910 \text{ ha}} = 4,079$$

1.2.3. Limnigraphes

A. Généralités

Un limnigraphe a été placé sur les différents embranchements du Vliet, notamment sur le Molenbeek à Liezele et sur le ruisseau du même nom à Malderen.

L'annexe 14a donne un schéma de ce limnigraphe.

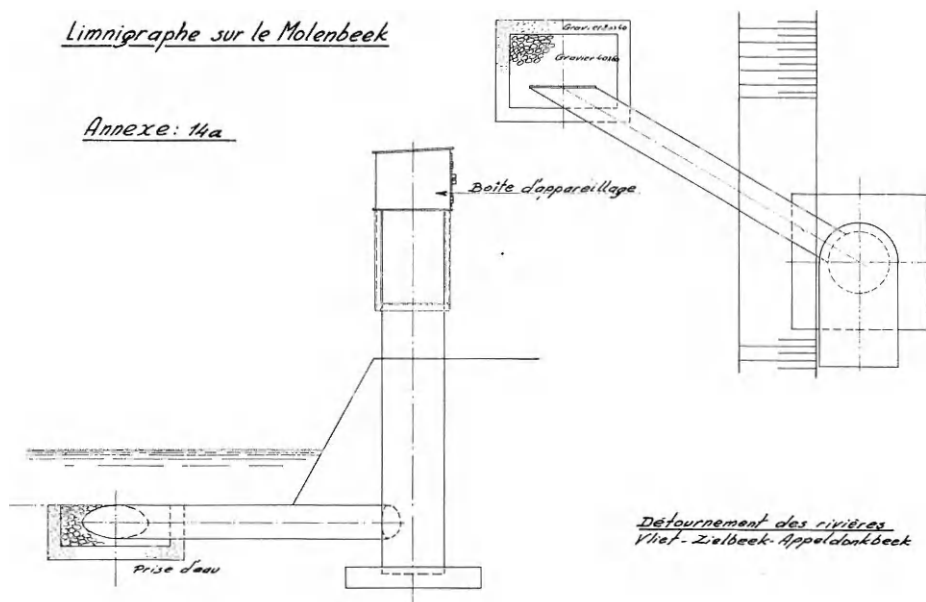
Etant donné que le limnigraphe à Malderen n'a été placé que fin décembre 1966, nous nous baserons uniquement pour les études sur les données fournies par le limnigraphe de Liezele.

Lorsque le limnigraphe de Malderen aura fonctionné une année de plus qu'aujourd'hui il nous sera possible de contrôler nos calculs et théories actuelles établies avec les données du limnigraphe de Liezele.

Les limnigraphes ont été placés dans les ruisseaux à des endroits où l'influence des marées ne se fait plus sentir. Il y a lieu cependant de remarquer que le grand nombre de barrages et moulins à eau, établis sur ces ruisseaux, peuvent donner lieu à des erreurs de calculs. Une augmentation subite du débit des ruisseaux à l'endroit des limnigraphes, sans qu'une augmentation sensible de chute de pluie soit notée au pluviomètre, est due à ces obstacles.

Limnigraphe sur le Molenbeek

Annexe: 14a



Lors de l'établissement des différentes courbes de débit mensuel, il a été tenu compte, dans la mesure du possible, de ce phénomène.

B. Principe

Du calcul du débit du Vliet sur la base des données du limnigraphe sur le Molenbeek à Liezele, nous admettons que les débits du Molenbeek et du Vliet sont proportionnels à leur bassin hydrographique. Etant donné que le bassin hydrographique du Vliet est quatre fois plus grand que celui du Molenbeek, le débit du premier sera dès lors quatre fois celui du second.

Pour l'établissement de la courbe donnant le débit à l'endroit du limnigraphe en fonction du niveau d'eau et établi à l'aide de mesurage avec moulin Waltman, il n'a pas été tenu compte des mesurages par niveaux d'eau extrêmement bas ou extrêmement élevés.

Afin de pouvoir néanmoins interpréter les résultats de ces niveaux d'eau extrêmes, nous avons inter-

pellé la courbe débit-niveau dans la forme qui nous était donnée par les mesurages effectués.

C. Fonctionnement du limnigraphe - Débit

Le limnigraphe indique d'une façon continue le niveau de l'eau de sorte que nous obtenons une courbe de niveau en fonction du temps (cfr. annexe 14b).

En effectuant plusieurs mesurages de débit par niveaux d'eau différents à l'emplacement du limnigraphe, il nous est possible d'établir une courbe qui donne le débit du ruisseau en fonction du niveau. L'annexe 14c donne cette courbe du Molenbeek à l'emplacement du limnigraphe à Liezele.

Etant donné qu'un niveau d'eau déterminé dans la rivière correspond à un certain débit, il nous est possible d'établir à l'appui des résultats fournis par le limnigraphe une courbe qui donne le débit en fonction du temps. Les annexes 15 donnent ces courbes par mois pour la période de juillet 1966 à juin 1967.

Annexe 14b

Waarnemingspost te LIEZELE

op rivier MOLENBEEK

Blad geplaatst de 26/04 1966 12:45 (juist uur)
Waterstand afgelesen op peikchaal geplaatst op de rivier 4,55 (m en cm)
De waarnemer: JP

Blad afgenomen de 13-04 1966 10:30 (juist uur)
Waterstand afgelesen op peikchaal geplaatst op de rivier 4,52 (m en cm)
De waarnemer: JP

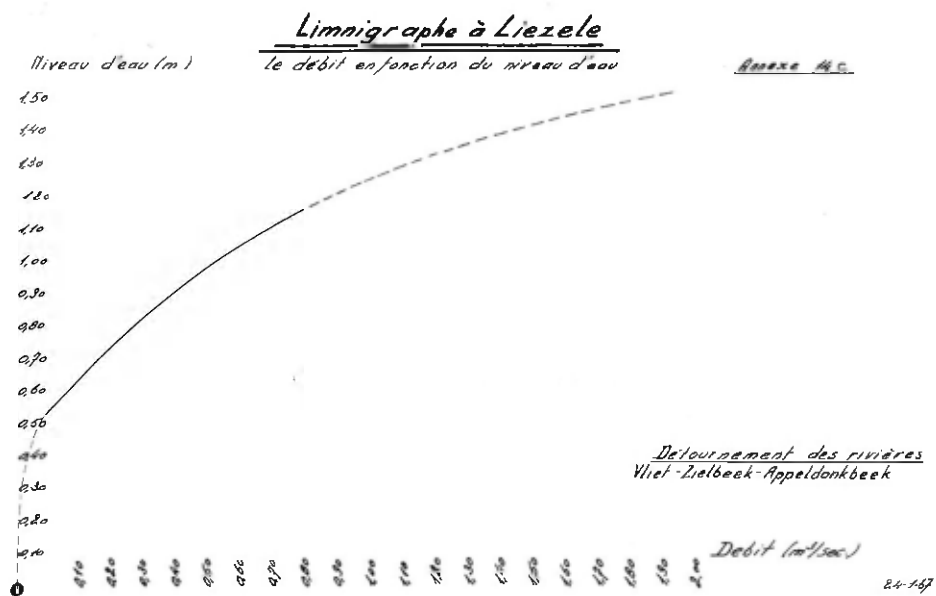


MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN

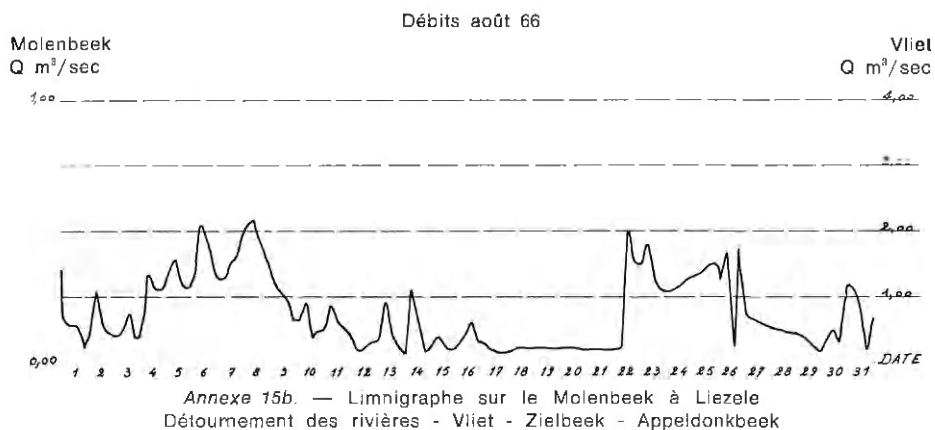
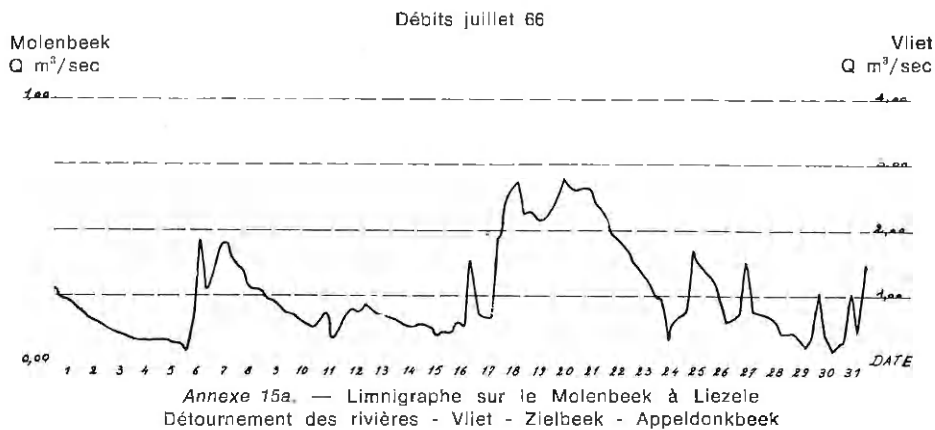
BESTUUR DER WATERWEGEN

DIENST VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK

Detournement des Rivières
Vliet - Zielbeek - Appeldonkbeek



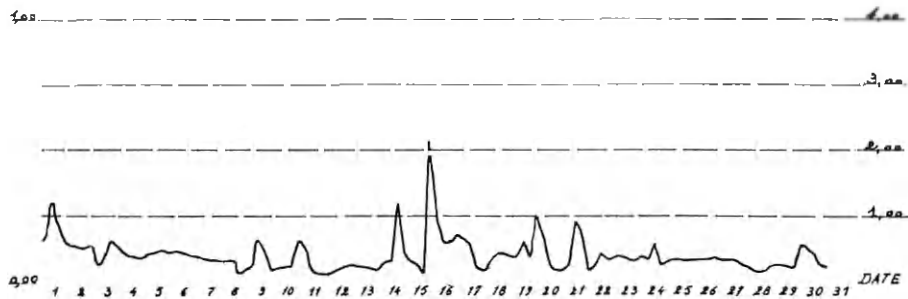
Annexe 15



Molenbeek
Q m³/sec

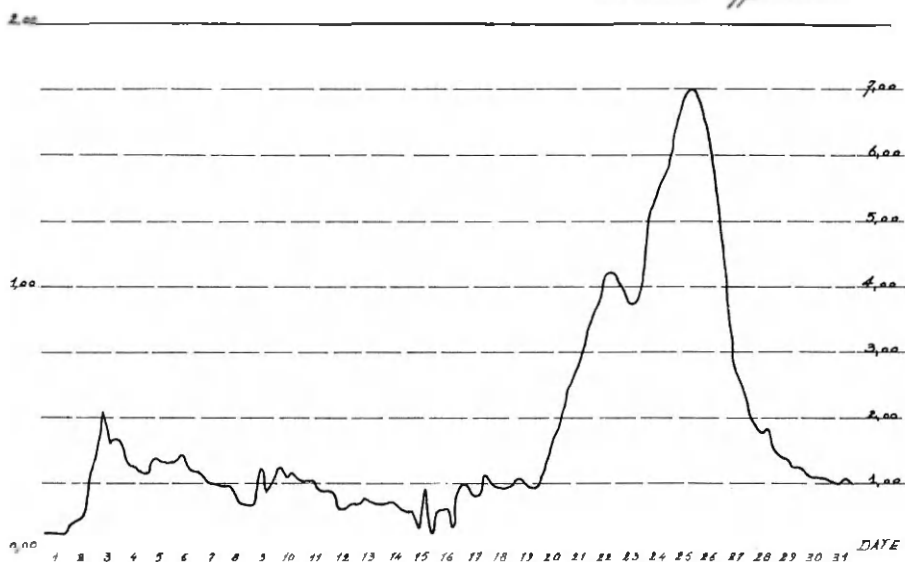
Débits septembre 66

Vliet
Q m³/sec

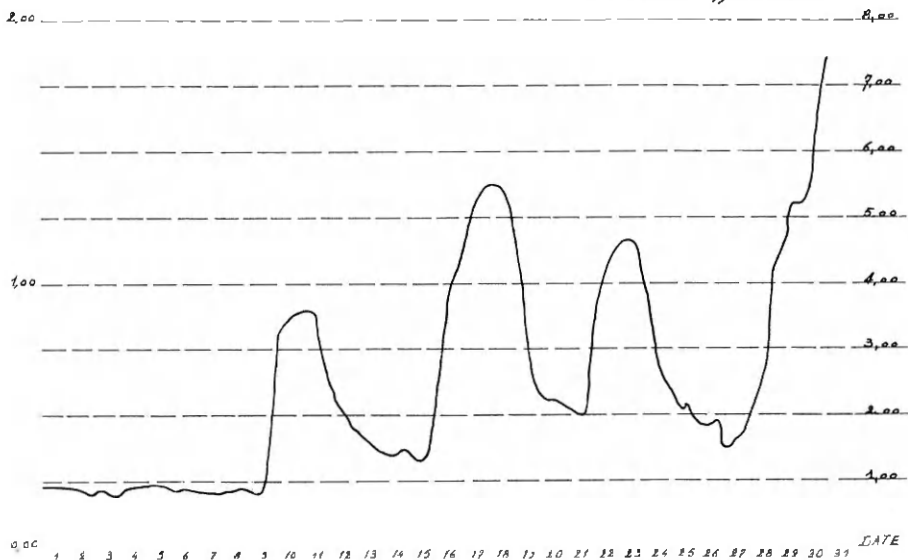


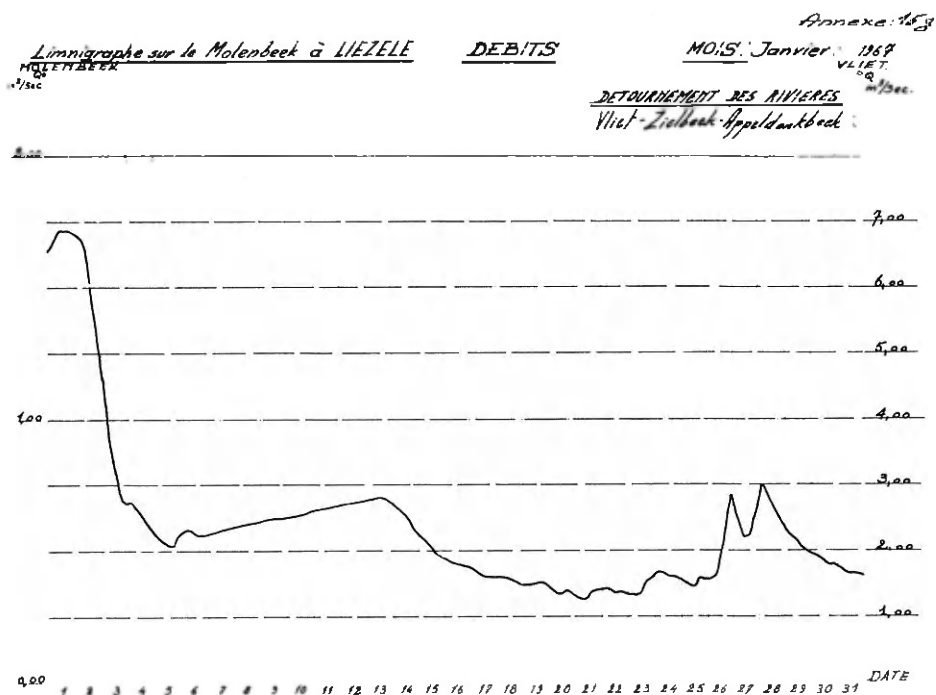
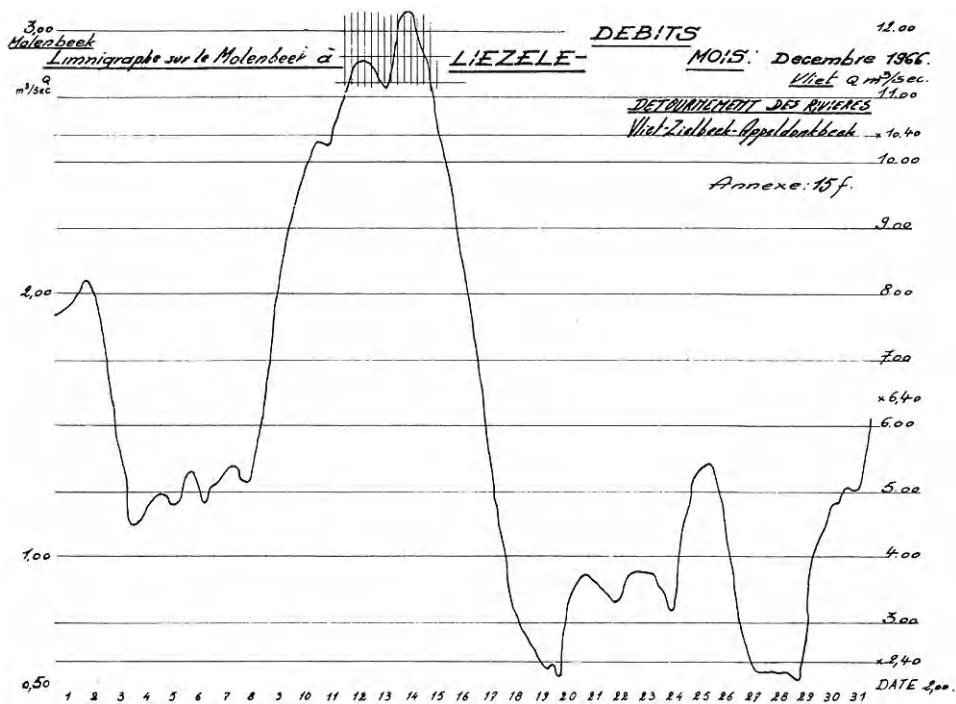
Annexe 15c. — Limnigraphe sur le Molenbeek à LIEZELE
Déournement des rivières - Vliet - Zielbeek - Appeldonkbeek

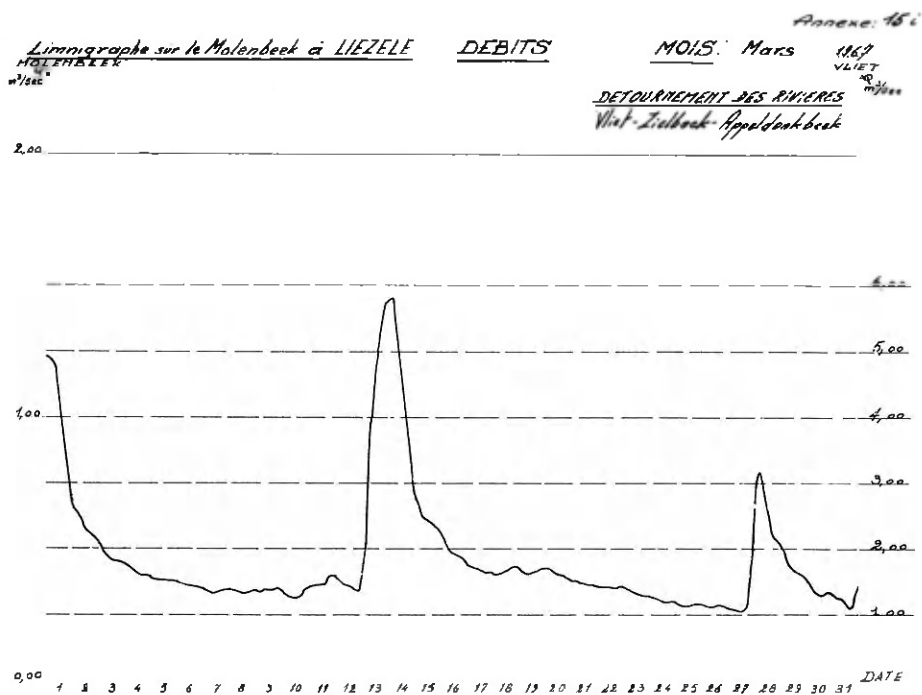
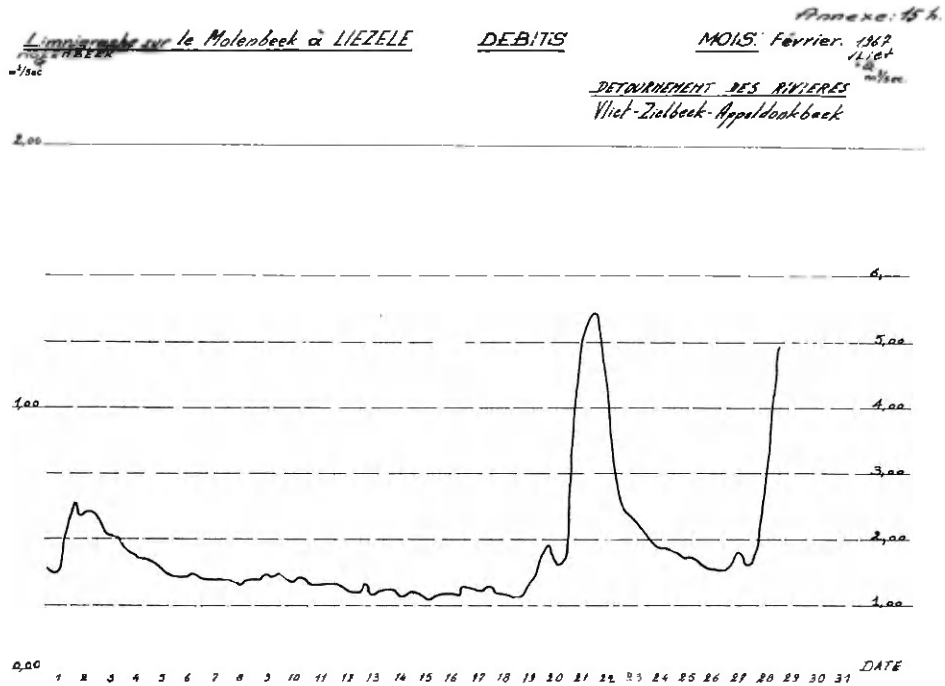
Limnigraphe sur le Molenbeek à LIEZELE DEBITS Annexe: 15d.
MOIS: Octobre. 1966
VLIET
Q m³/sec
DÉTOURNEMENT DES RIVIÈRES
Vliet-Zielbeek-Appeldonkbeek



Limnigraphe sur le Molenbeek à LIEZELE DEBITS Annexe: 15e.
MOIS: Novembre 1966
VLIET
Q m³/sec
DÉTOURNEMENT DES RIVIÈRES
Vliet-Zielbeek-Appeldonkbeek



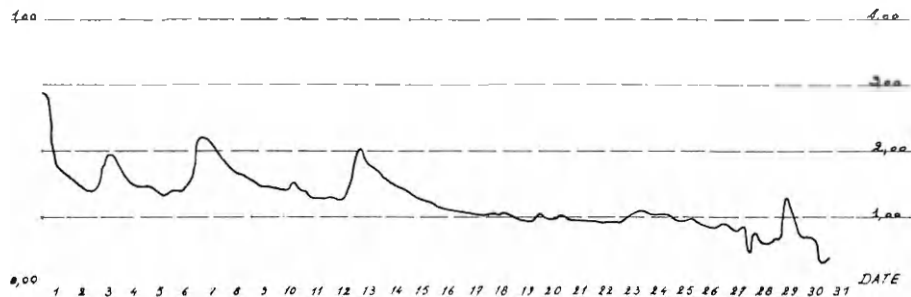




Débits avril 67

Molenbeek
Q m³/sec

Vliet
Q m³/sec

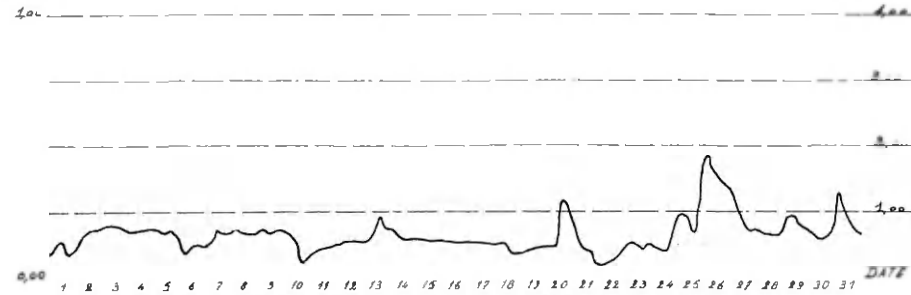


Annexe 15j. — Limnigraphe sur le Molenbeek à Liezele
Détournement des rivières - Vliet - Zielbeek - Appeldonkbeek

Débits mai 67

Molenbeek
Q m³/sec

Vliet
Q m³/sec

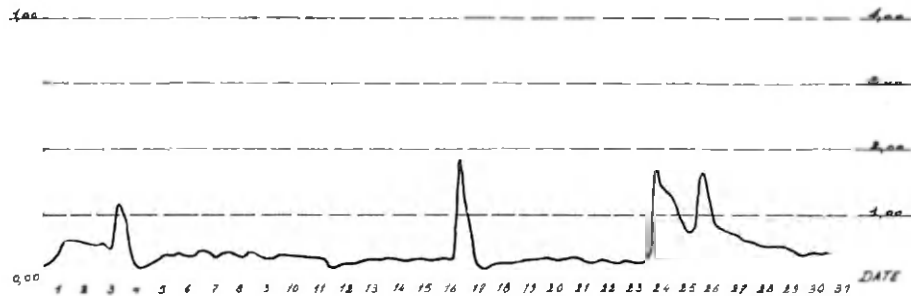


Annexe 15k. — Limnigraphe sur le Molenbeek à Liezele
Détournement des rivières - Vliet - Zielbeek - Appeldonkbeek

Débits juin 67

Molenbeek
Q m³/sec

Vliet
Q m³/sec

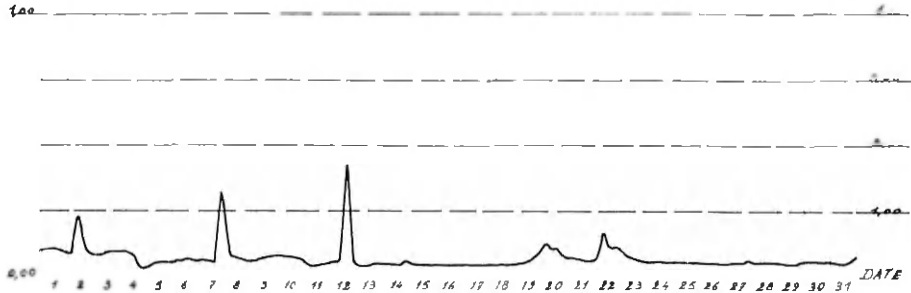


Annexe 15l. — Limnigraphe sur le Molenbeek à Liezele
Détournement des rivières - Vliet - Zielbeek - Appeldonkbeek

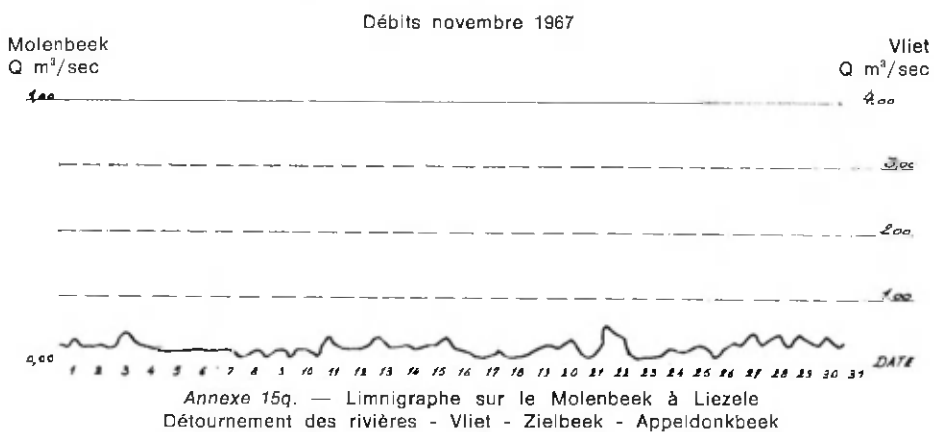
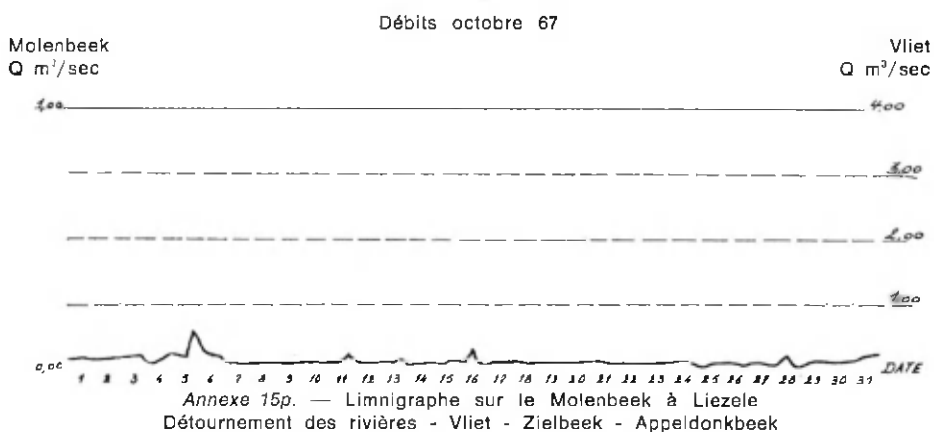
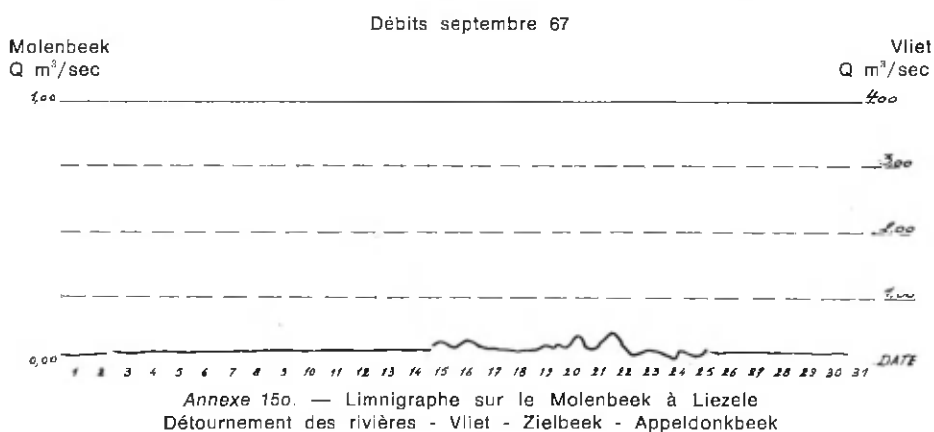
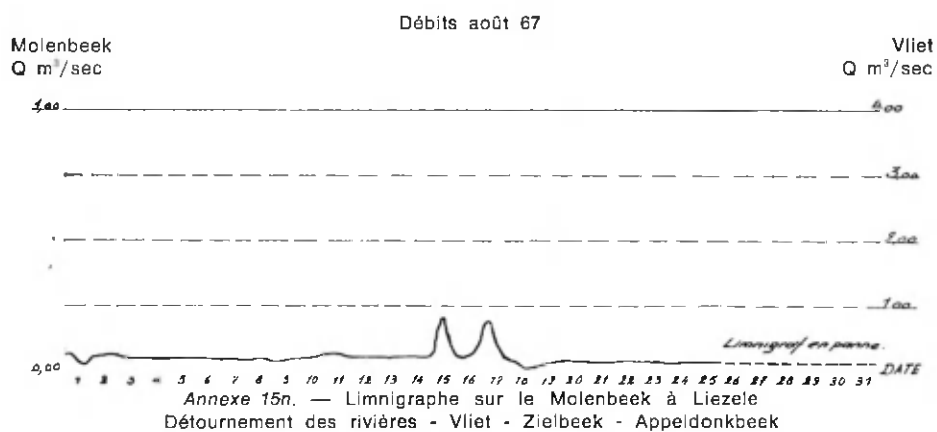
Débits juillet 67

Molenbeek
Q m³/sec

Vliet
Q m³/sec



Annexe 15m. — Limnigraphe sur le Molenbeek à Liezele
Détournement des rivières - Vliet - Zielbeek - Appeldonkbeek



ANNEXE 16

Volume transporté par le Vliet par « dix jours » entre juillet 1966 et juin 1967

Mois	Nombre de jours	Quantités m³	Débits moyens (m³/sec)	Précipitations mm
Juillet	10	655.000	0,7696	27,7
	10	950.000	1,0995	44,4
	11	905.000	0,9522	41,5
Août	10	870.000	1,0069	
	10	260.000	0,3009	
	11	730.000	0,7680	
Septembre	10	360.000	0,4166	7,2
	10	370.000	0,4282	22,5
	10	280.000	0,3240	0,4
Octobre	10	830.000	0,9606	
	10	680.000	0,7870	
	11	2.820.000	2,9671	
Novembre	10	990.000	1,1458	
	10	2.410.000	2,7893	
	10	2.480.000	2,8703	
Décembre	10	5.190.000	6,0069	
	10	6.350.000	7,3495	
	11	3.140.000	3,3038	
Janvier	10	2.600.000	3,0092	13,9
	10	1.670.000	1,9328	2,0
	11	1.610.000	1,6940	20,4
Février	10	1.380.000	1,5972	8,8
	10	1.060.000	1,2268	19,4
	8	1.310.000	1,8952	21,1
Mars	10	1.500.000	1,7361	9,0
	10	1.820.000	2,1064	21,0
	11	1.210.000	1,2731	18,6
Avril	10	1.360.000	1,5740	21,4
	10	960.000	1,1111	6,0
	10	790.000	0,9143	6,1
Mai	10	500.000	0,5787	
	10	480.000	0,5555	
	11	665.000	0,6997	
Juin	10	360.000	0,4166	
	10	315.000	0,3645	
	10	485.000	0,5601	
Total	365	50.345.000	1,5964	

ANNEXE 17

Vliet — Ecoulement d'eau

Mois	Transport des volumes d'eau entre les débits indiqués				
	$0 < Q \leq 1,2 \text{ m}^3/\text{sec}$	$1,2 \text{ m}^3/\text{sec} < Q \leq 2,4$	$2,4 \text{ m}^3/\text{sec} < Q \leq 6,4$	$6,4 \text{ m}^3/\text{sec} < Q \leq 10,4$	$Q > 10,4 \text{ m}^3/\text{sec}$
Juillet 66	1.960.000	505.000	45.000	—	—
Août 66	1.660.000	200.000	—	—	—
Septembre 66	990.000	20.000	—	—	—
Octobre 66	2.450.000	700.000	1.150.000	30.000	—
Novembre 66	2.650.000	1.590.000	1.625.000	15.000	—
Décembre 66	2.960.000	2.910.000	6.100.000	2.460.000	350.000
Janvier 67	2.960.000	2.050.000	830.000	40.000	—
Février 67	2.410.000	920.000	420.000	—	—
Mars 67	2.940.000	1.020.000	570.000	—	—
Avril 67	2.550.000	450.000	10.000	—	—
Mai 67	1.600.000	45.000	—	—	—
Juin 67	1.140.000	20.000	—	—	—
Total	26.270.000	10.430.000	10.750.000	2.545.000	350.000
	52,18 %	20,72 %	2,35 %	5,05 %	0,70 %

D. Discussion

Le volume en m³ par dizaine de jours entre juillet 1967 et 1968, le volume total, les débits moyens par dizaine de jours, par mois, par an, sont donnés à l'annexe 16.

A titre de renseignement et en vue de pouvoir faire une comparaison on a également renseigné les chutes de pluie en mm pour la région du Vliet durant la période considérée.

Lorsque nous établissons une comparaison entre la chute de pluie et le débit moyen (ou le volume écoulé), nous constatons qu'une quantité déterminée de chute de pluie ne correspond pas au débit moyen déterminé (ou volume écoulé) pendant la même période.

Le débit écoulé dépend de l'état du terrain et des différents facteurs climatologiques au moment considéré. En effet, un terrain saturé écoulera par même chute de pluie plus d'eau qu'un terrain non saturé. En outre, la température ambiante et le vent influencent l'évaporation.

A cela, il faut ajouter le facteur du retard à l'écoulement.

L'annexe 17 donne un aperçu annuel, mois par mois de quantités d'eau évacuées par le Vliet. Les volumes sont subdivisés comme suit:

- Volume écoulé par débit plus petit que 1,20 m³/sec
- Volume écoulé par débit entre 1,20 m³/sec et 2,40 m³/sec
- Volume écoulé par débit entre 2,40 m³/sec et 6,40 m³/sec
- Volume écoulé par débit entre 6,40 m³/sec et 10,40 m³/sec
- Volume écoulé par débit plus grand que 10,40 m³/sec.

La raison pour laquelle nous avons choisi cette subdivision est la suivante:

Dans la station de pompage sont prévues 2 petites pompes de 1,2 m³/sec et 4 grandes de 4 m³/sec, qui suivant la nécessité (dépendant du niveau dans le bassin, qui lui dépend à son tour du débit du Vliet) se mettent en marche les unes après les autres, d'abord les petites puis les grandes.

On constate que par an 26.270.000 m³ ou 52,18 % du volume total écoulé seront évacués par une petite pompe; 10.430.000 m³ ou 27,12 % seront évacués par pompage simultanément de 2 petites pompes; 10.750.000 m³ ou 21,35 % seront évacués par pompage simultané de 2 petites pompes et d'une grande pompe; 2.545.000 m³ ou 5,05 % seront évacués par pompage simultanément de 2 petites et 2 grandes pompes. Le pompage simultané de 2 petites et 4 grandes pompes n'est jamais nécessaire.

La présence simultanée de ces six éléments est nécessaire pour des raisons de sécurité.

L'annexe 18 donne un aperçu mensuel de la durée pendant laquelle un débit varie entre deux limites déterminées. Les débits limites sont choisis en fonction des possibilités de débit des pompes.

ANNEXE 18

Limnigraphe à Liezele

Nombre probable d'heures de pompage

	heures
Juillet 1966	
1 petite pompe	21 1/2
2 petites pompes	7 1/2
2 petites + 1 grande pompes	2
Août 1966	
1 petite pompe	23 1/2
2 petites pompes	7 1/2
Septembre 1966	
1 petite pompe	29 3/4
2 petites pompes	1/4
Octobre 1966	
1 petite pompe	17 3/4
2 petites pompes	6 1/2
1 grande + 2 petites pompes	5 1/2
2 grandes + 2 petites pompes	1 1/4
Novembre 1966	
1 petite pompe	8 1/2
2 petites pompes	10
1 grande + 2 petites pompes	11
2 grandes + 2 petites pompes	1/2
Décembre 1966	
2 petites pompes	2 1/2
1 grande + 2 petites pompes	18
2 grandes + 2 petites pompes	6 1/2
3 grandes + 2 petites pompes	4
Janvier 1967	
2 petites pompes	22
1 grande + 2 petites pompes	7 1/2
2 grandes + 2 petites pompes	1 1/2
Février 1967	
1 petite pompe	4
2 petites pompes	21
1 grande + 2 petites pompes	3
Mars 1967	
1 petite pompe	3
2 petites pompes	23 3/4
1 grande + 2 petites pompes	4 1/4
Avril 1967	
1 petite pompe	15
2 petites pompes	14 3/4
1 grande + 2 petites pompes	1/4
Mai 1967	
1 petite pompe	29 1/2
2 petites pompes	1 1/2
Juin 1967	
1 petite pompe	28 1/2
2 petites pompes	1 1/2
Juillet 1967	
1 petite pompe	30 3/4
2 petites pompes	1/4
Août 1967	
1 petite pompe	17 1/2

1.3. Amélioration de la longueur et de la section de la rivière

1.3.1. Généralités

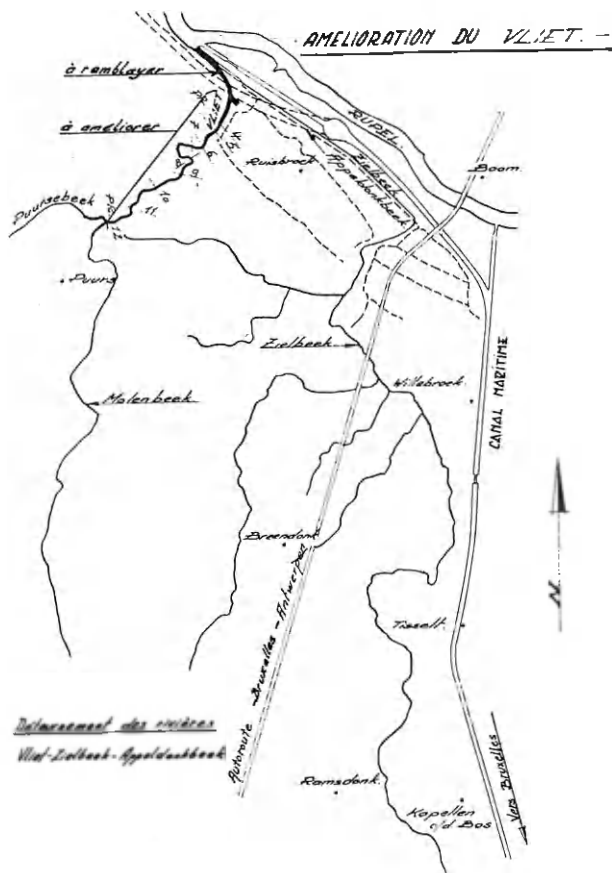
Afin de supprimer les inondations du Vliet il ne suffit pas de construire une station de pompage permettant de pomper le débit maximum de la rivière soit dans le Rupel soit dans le canal maritime, il faut également faire en sorte que ce débit puisse être amené par la rivière sans provoquer des inondations en amont de la station de pompage. Pour obtenir ce résultat, il convient d'effectuer des travaux d'améliorations des profils en travers et en long du Vliet.

Pour le calcul des améliorations précitées, nous admettons que la rivière a un débit maximum de $12 \text{ m}^3/\text{sec}$, ce qui correspond au chiffre donné par le Ministère de l'Agriculture pour le bassin hydrographique de la petite Nèthe.

Le Vliet devra être reprofilé en plusieurs endroits et jusque loin en amont. Dans le premier stade des travaux, on améliorera le cours inférieur de cette rivière jusqu'à l'écluse de marée sur le Molenbeek à Puurs (annexe 19).

Nous donnons la priorité à l'aménagement du cours inférieur du Vliet pour les raisons suivantes:

1. Le débit important ($12 \text{ m}^3/\text{sec}$) du cours inférieur, formé du Molenbeek et d'un autre ruisseau

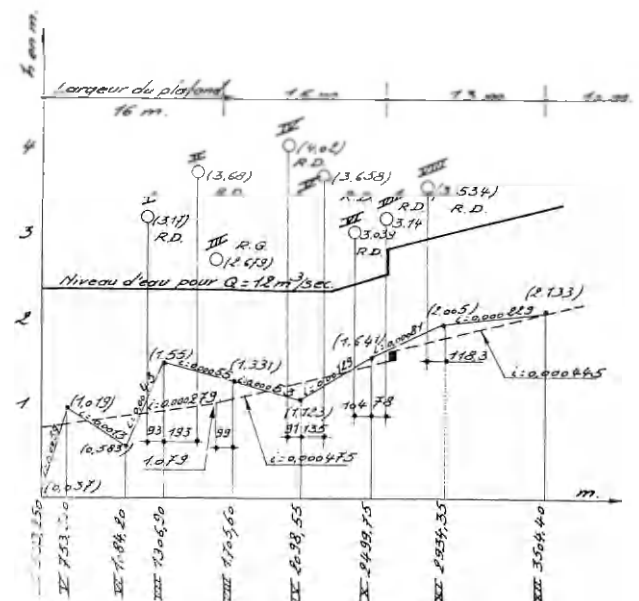


Annexe 19

lui-même issu des ruisseaux Puursebeek, Ronebeek et Koningsbeek.

2. Du fait des courants provoqués par les marées, le lit du cours inférieur a pris des formes très irrégulières qu'il importe de corriger lorsque le Vliet ne sera plus soumis à marée afin de régulariser le courant d'amont. Cette régularisation se fera en agissant sur les sections transversales. En effet, afin de réduire au maximum les dépenses relatives aux terrassements, dragages, démolitions en reconstruction d'ouvrages d'arts tels que ponts, siphons, égouts, etc..., on a intérêt à maintenir autant que possible le profil en long du Vliet et à aménager les profils en travers de façon à obtenir en tout point des sections transversales permettant l'écoulement du débit maximum possible de la rivière.

L'annexe 20 donne le profil en long du cours inférieur du Vliet qui doit être amélioré. C'est la partie entre le bassin tampon qui sera construit en amont de la station de pompage et l'écluse de marée du Molenbeek.



Annexe 20. — Profil en long du Vliet jusqu'au Molenbeek (valve d'arrêt, niveau d'eau prévu, fond actuel, fond futur)

L'annexe 21 donne les différents profils en travers actuels dans cette partie du Vliet.

Nos exigences pour l'amélioration du cours inférieur du Vliet sont les suivantes:

a) Limiter le plus possible les travaux de terrassement.

b) Les travaux complémentaires tels que déplacement de pont et d'égouts de Eikevliet doivent être évités.

c) Les canalisations qui assurent le drainage des terrains environnants devront déboucher dans la rivière au-dessus du niveau de l'eau dans celle-ci,



Photo 10. — Débouché du Vliet dans le Rupel.



Photo 11. — Le Vliet à Puurs.



Photo 12. — Terrains inondés à Puurs.

même en cas de débit maximum ($Q_{\max} = 12 \text{ m}^3/\text{sec}$).

d) Il faut une zone de sécurité suffisante entre le niveau de l'eau dans le Vliet par débit maximum et la crête de la digue.

Remarque:

Les canalisations de drainage citées au 2. ci-dessus qui assurent le démergement des terrains situés en bordure du Vliet sont munies d'un clapet qui s'ouvre et se ferme suivant le niveau dans la rivière.

A marée haute, l'eau ferme les clapets, afin que les eaux de marée haute n'inondent pas les terrains environnants situés en dessous du niveau de la rivière. A marée basse par contre l'eau dans la rivière baisse en dessous du niveau du terrain naturel de sorte que l'eau de drainage ouvre les clapets et s'écoule dans le Vliet.

A l'annexe 20 figurant un profil en long du Vliet, sont indiqués également les tuyaux de drainage avec le niveau et emplacements de ceux-ci.

La même annexe donne un profil en long du Vliet reprofilé avec niveau de flottaison par débit maxi-

mum de $12 \text{ m}^3/\text{sec}$. Les calculs de ce niveau de flottaison basés sur la théorie de Bazin sont donnés ci-après.

1.3.2. Calculs hydrauliques

A. Détermination des profils en long et en travers

Pour répondre à nos exigences qui imposent un minimum de travaux de terrassement, nous divisons le cours inférieur à améliorer du Vliet en trois tronçons. Les différences entre ces tronçons résident dans le choix des profils en travers et des pentes hydrauliques.

1. Le premier tronçon est situé entre le profil en travers P IV et le tuyau de drainage III, sa longueur est de 1.013 m. Nous donnons une largeur de plafond de 16 m. Le profil en travers a des talus de 30° .

La pente hydraulique de ce tronçon:

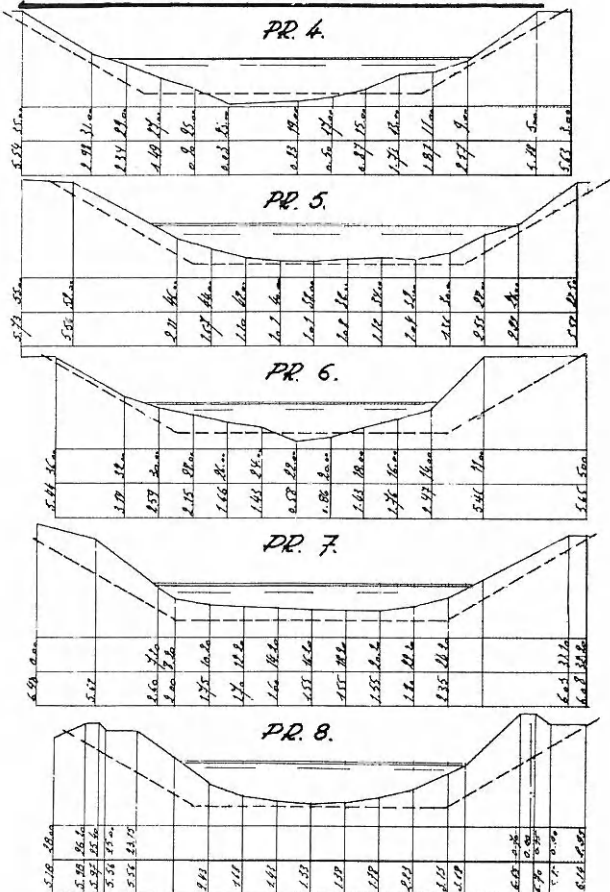
$$i = \frac{1,079 - 0,80}{1,012} = 0,000276 \text{ (voir annexe 21)}$$

2. Le second tronçon est situé entre l'aval du tuyau de drainage III et le seuil. Sa longueur est de 972 m. Ce seuil est à construire pour éviter que la

Détournement des rivières
Vliet-Zielbeek-Appeldoornbeek

Annexe 21a

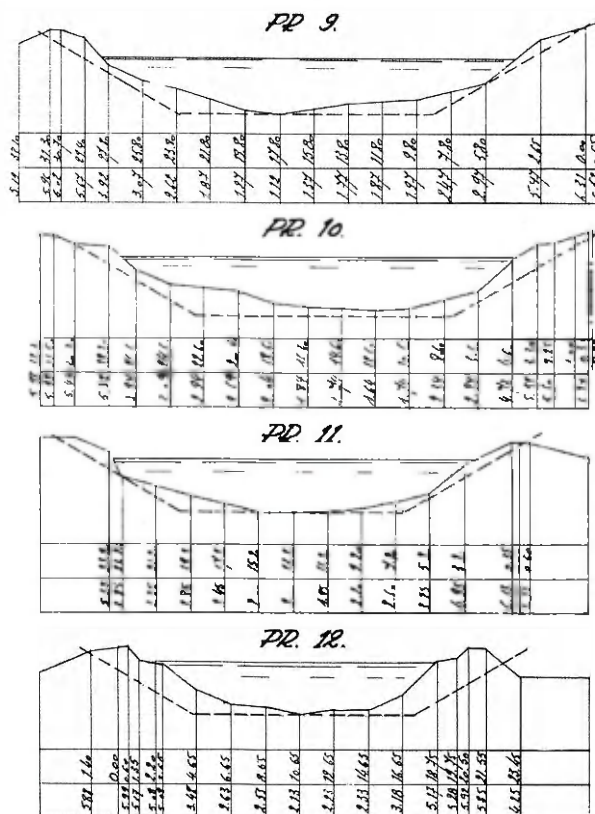
PROFILS IN TRAVERS - VLIET.



Détournement des rivières
Vliet-Zielbeek-Appeldoornbeek

Annexe 21b

PROFILS IN TRAVERS - VLIET.



ANNEXE 22

Répartition des rivières suivant la rugosité des berges et des lits naturels

Catégories	y	Nature des Parois
n° 1	0,06	Parois très unies. Ciment lissé, bois raboté
n° 2	0,16	Parois unies. Plancher, briques, pierres de taille, etc
n° 3	0,46	Parois en maçonnerie de moellons...
n° 3bis	0,85	Parois de nature mixte. Sections en terre très régulières, rigoles revêtues de perrés, etc.
n° 4	1,30	Canaux en terre dans les conditions ordinaires
n° 5	1,75	Canaux en terre, présentant une résistance exceptionnelle: fonds de galets, parois herbées, etc.

pente hydraulique de ce tronçon ne devienne trop importante ce qui provoquerait une vitesse non admissible et une érosion du lit de la rivière. De plus la construction de ce seuil diminue sensiblement les travaux de dragage. La largeur du plafond à cet endroit est de 15 m et les talus sont maintenus à 30°.

La pente hydraulique est:

$$i = \frac{1,54 - 1,079}{972} = 0,000475 \text{ (voir annexe 21)}$$

3. Le troisième tronçon est situé entre le seuil précité et le profil en travers P XII, pris à hauteur du débouché du Molenbeek (c'est-à-dire le ruisseau sur lequel il existe l'écluse de marée) dans le Vliet. La longueur de ce tronçon est de 925 m. Nous donnons une largeur de plafond de 13 m et maintenons également 30° pour les talus.

La pente hydraulique est:

$$i = \frac{2,133 - 1,720}{425} = 0,000456 \text{ (voir annexe 21)}$$

Remarque: Lors de la réalisation les passages d'une largeur de plafond à l'autre de même que les différences de pente devront être exécutés progressivement.

B. Calcul du niveau de flottaison

Nous prenons un profil en travers et un profil en long comme dans le paragraphe précédent.

Avec la formule de Bazin, nous pouvons calculer la vitesse et le niveau de l'eau dans les différentes sections en travers de la rivière. Nous calculons le niveau de flottaison pour un débit de 12 m³/sec que nous pouvons considérer comme débit maximum.

Ω	: section mouillée
x	: périmètre mouillé
R	: rayon hydraulique
i	: pente hydraulique
V	: vitesse du courant

L'annexe 22 donne les différentes classes de rivières suivant les types de lits et de talus.

Nous supposons que le Vliet après reprofilage entrera dans la classe 5 (le coefficient pour le calcul du débit est donc 1,75).

Les calculs ci-après ont été effectués par tâtonnement, c'est-à-dire qu'à l'aide de la formule Bazin nous avons recherché le débit pour un niveau déterminé de la rivière. Nous reprenons le calcul pour des niveaux différents jusqu'à obtenir le débit de 12 m³/sec. De cette façon, on connaît le niveau du Vliet dans la section pour laquelle les calculs ont été effectués.

Les calculs ci-après sont ceux qui ont donné les débits stipulés.

a) Ligne de flottaison entre le seuil du bassin et le tuyau de drainage III

Nous avons ici une largeur de fond de 16 m et des talus inclinés à 30°.

Soit 1,25 m le niveau de flottaison du Vliet.

Nous avons suivant l'annexe 23.

Ω	= 22,71 m²
x	= 21,00 m²
R	= 1,081 m
i	= 0,000276

Pour le calcul de la vitesse du courant et du débit, nous utilisons le tableau page 238-239 du manuel « Principes de Base de l'Assainissement Agricole » de M. Porrée et Ch. Ollier (1).

$$\frac{Ri}{u} = \frac{1,081 \times 0,000276}{u} = 0,031$$

$$U = \frac{0,01729}{0,031} = 0,557 \text{ m/sec}$$

$$Q = 22,71 \text{ m}^2 \times 0,557 \text{ m/sec.} = 12,65 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Nous considérons que c'est une approximation suffisante.

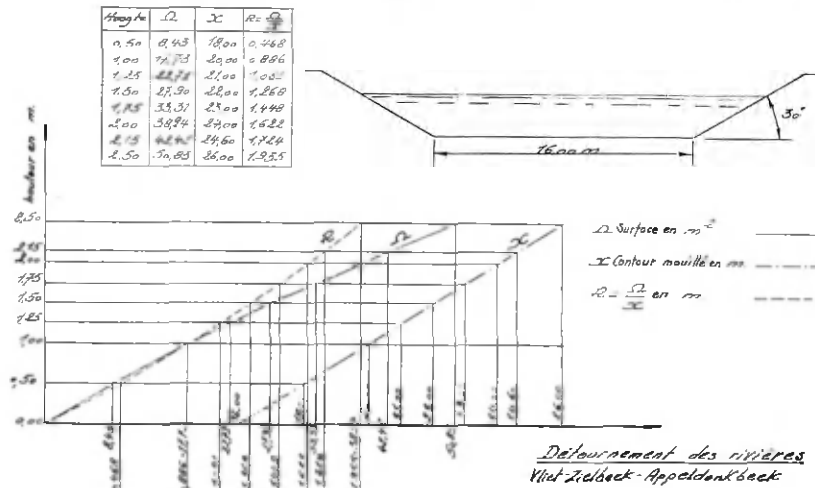
L'eau de cette partie de la rivière se trouvera donc à une hauteur d'environ 1,25 m par débit maximum.

(1) Editions Eyrolles - Paris.

PROFIL TYPE

Largeur 16,00 m.

Annexe 23



b) Ligne de flottaison entre tuyau de drainage III et le seuil de la rivière.

Nous avons une largeur de fond de 15 m et des talus inclinés à 30°. Le niveau d'eau est de 0,95 m dans le Vliet et qui donne suivant annexe 24

$$\begin{aligned}\Omega &= 15,50 \text{ m}^2 \\ X &= 18,80 \text{ m} \\ R &= 0,83 \text{ m} \\ i &= 0,000475\end{aligned}$$

$$Ri = \frac{0,96 \times 0,000475}{u} = 0,032$$

$$u = \frac{0,0214}{0,032} = 0,669 \text{ m/sec.}$$

$$Q = 18,60 \text{ m}^2 \times 0,669 \text{ m/sec.} = 12,4 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Nous considérons que c'est une approximation suffisante. L'eau de cette partie de la rivière se trouvera donc à une hauteur d'environ 1,10 m par débit maximum.

c) Ligne de flottaison entre le seuil et le profil XII

Nous avons une largeur de fond de 13 m et des talus inclinés à 30°.

Soit le niveau d'eau à 1,20 m dans le Vliet, nous avons suivant annexe 25:

$$\begin{aligned}\Omega &= 17,9 \text{ m}^2 \\ X &= 17,80 \text{ m} \\ R &= 1,03 \text{ m} \\ i &= 0,000456\end{aligned}$$

$$Ri = \frac{1,1 \times 0,000456}{u} = 0,031$$

$$u = \frac{0,0224}{0,031} = 0,722 \text{ m/sec.}$$

$$Q = 17,9 \text{ m}^2 \times 0,722 \text{ m/sec} = 12,8 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

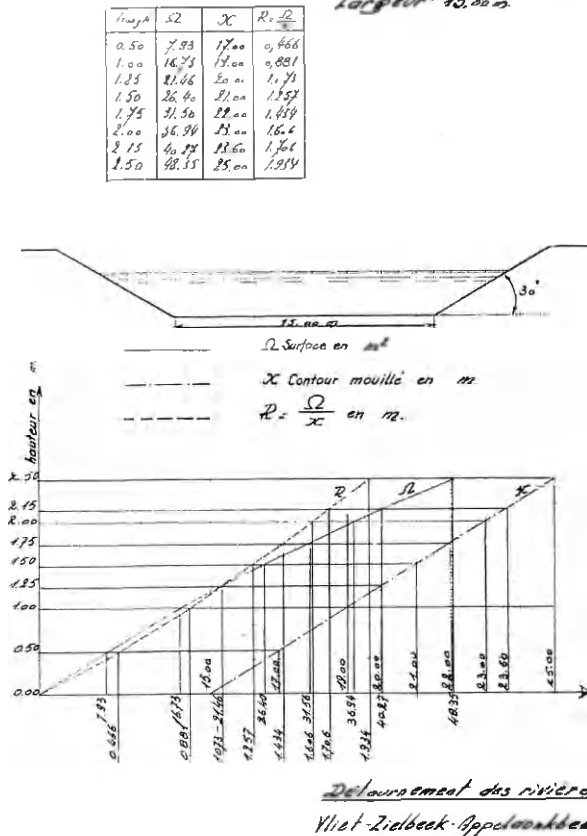
Nous considérons ceci comme une approximation suffisante. Le niveau de flottaison de cette partie de la rivière se trouvera donc à une hauteur de 1,10 m par débit maximum.

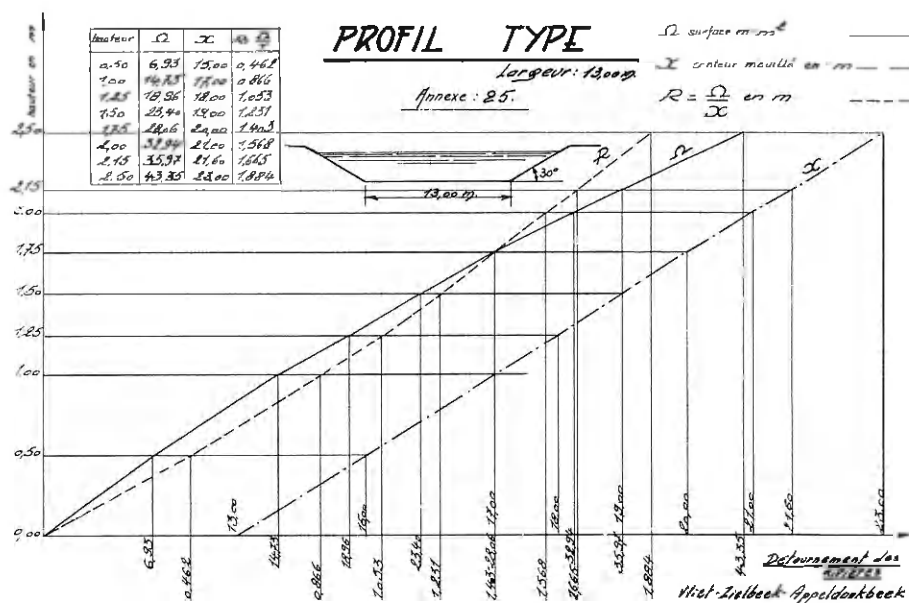
Dans l'annexe 20 nous avons la ligne de flottaison telle qu'elle est calculée au paragraphe 1.3.2.B.

PROFIL TYPE

Largeur 13,00 m.

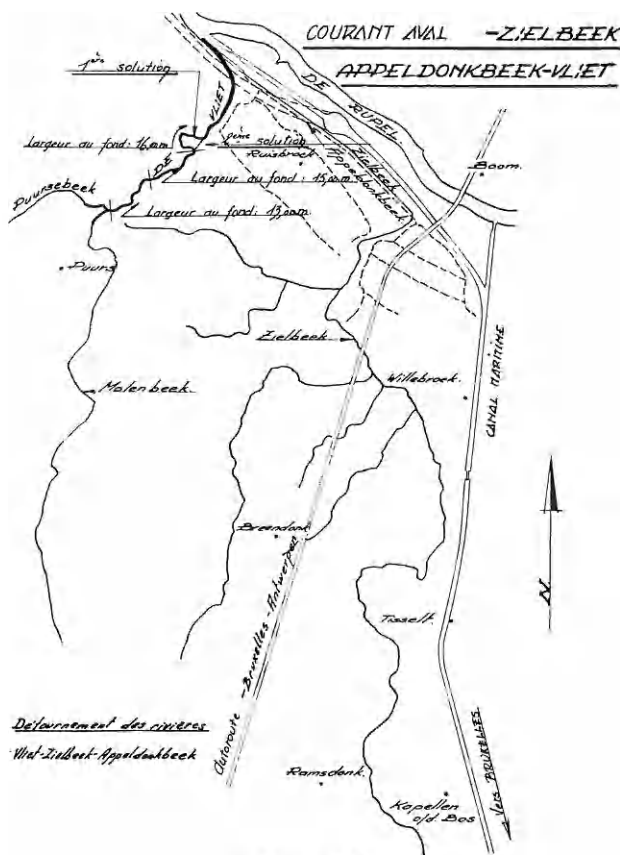
Annexe 24





1.3.3. Terrassement et travaux de dragages

Au début de cette étude pour le détournement du Vliet, deux solutions ont été prévues (annexe 26).



Annexe 26

a) La première solution ne modifiait pas le tracé du Vliet. La pente hydrographique et le profil en travers étaient cependant modifiés pour tenir compte du débit maximum de la rivière.

b) La deuxième solution prévoyant une modification du tracé du Vliet. Le grand méandre au Eikevliet devait suivant cette solution être redressé. En plus, comme dans la première solution, la pente hydraulique et le profil en travers devaient être adaptés au débit maximum de la rivière.

La seconde solution a été rejetée parce que trop coûteuse, pour les raisons ci-après:

1. Des terrassements plus importants. Il fallait en effet creuser un nouveau lit, et l'ancien devait être comblé.
2. Le pont à Eikevliet était à démonter et à remonter, ou bien un nouveau pont devait être construit.
3. Le réseau d'égouts d'Eikevliet qui aboutit dans le bras du Vliet à combler devait être prolongé jusque dans le nouveau tronçon.

L'annexe 27 donne le calcul des travaux de terrassement (dragages et remblayages) nécessaires pour la solution retenue.

Conclusions:

a) Au premier stade le Vliet doit être reprofilé transversalement à partir du confluent du Molenbeek.

Une étude plus poussée doit permettre de constater la nécessité d'aménager le profil au-delà du Molenbeek.

b) Après reprofilage le Vliet aura une largeur de 16 m à son embouchure (début du bassin à hauteur

RECALIBRAGE
1^{er} phase: Dragages

P. 4	— app. = 11,00 m ²	$\left(\frac{11,00 + 11,00}{2} \right) \times 160,60 =$	1.766,600 m ³
P. 5	11,00	$\left(\frac{11,00 + 31,00}{2} \right) \times 330,35 =$	6.937,350 m ³
P. 6	31,00	$\left(\frac{31,00 + 27,50}{2} \right) \times 222,70 =$	6.513,975 m ³
P. 7	27,50	$\left(\frac{27,50 + 41,00}{2} \right) \times 398,70 =$	13.655,475 m ³
P. 8	41,00	$\left(\frac{41,00 + 12,00}{2} \right) \times 392,95 =$	10.413,175 m ³
P. 9	12,00	$\left(\frac{12,00 + 19,00}{2} \right) \times 401,20 =$	6.218,600 m ³
P. 10	19,00	$\left(\frac{19,00 + 11,00}{2} \right) \times 445,60 =$	6.684,000 m ³
P. 11	11,00	$\left(\frac{11,00 + 20,00}{2} \right) \times 559,05 =$	8.665,275 m ³
P. 12	20,00		
Volume à draguer			60.854,450 m ³
Prix unitaire			× 70 F
Prix total			4.259.811,50 F

Détournement des rivières

Vliet-Zielbeek-Appeldonkbeek

de la station de pompage) et 13 m au confluent du Molenbeek.

c) Le niveau d'eau dans le bassin ne peut dépasser la cote 2,40. Le fond du bassin à hauteur de la station de pompage est situé à la cote 0,80.

d) Un seuil est à construire en amont du profil X (voir annexe 20), ceci pour diminuer l'importance des dragages.

1.4. Station de pompage - Caractéristiques techniques**1.4.1. Débit à pomper**

Nous considérons que le débit moyen du Vliet est de 1,20 m³/sec et que le débit maximum est de 16 m³/sec.

Nous pouvons subdiviser le débit du Vliet suivant son état de pureté.

- de 0 à 1,6 m³/sec nous avons de l'eau polluée,
- au-delà de 1,6 m³/sec l'eau est propre.

L'eau polluée est évacuée vers le Rupel en passant en siphon sous le canal, tandis que l'eau propre est rejetée dans le canal.

1.4.2. Caractéristiques de la rivière et du bassin tampon

Pour la station de pompage du Vliet, il est prévu un bassin tampon. Ce bassin a un double but:

a) Accumuler suffisamment d'eau pour permettre que les pompes ne fonctionnent que lorsque la marée dans le Rupel descend en dessous de 2,50 m.

L'annexe 28 donne la marée normale dans le Rupel à l'endroit où l'eau du Vliet s'écoulera dans le Rupel.

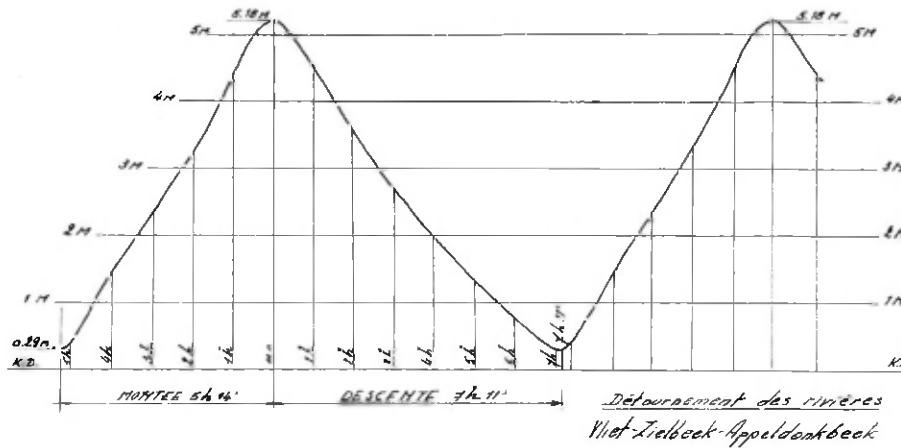
b) Veiller à ce qu'il y ait toujours assez d'eau dans le bassin pour permettre aux grandes pompes de fonctionner pendant une période assez longue avant de s'arrêter.

Quand l'eau monte, les petites pompes fonctionnent jusqu'à la cote (2,40 m) ce qui représente le niveau maximum possible dans le bassin tampon;

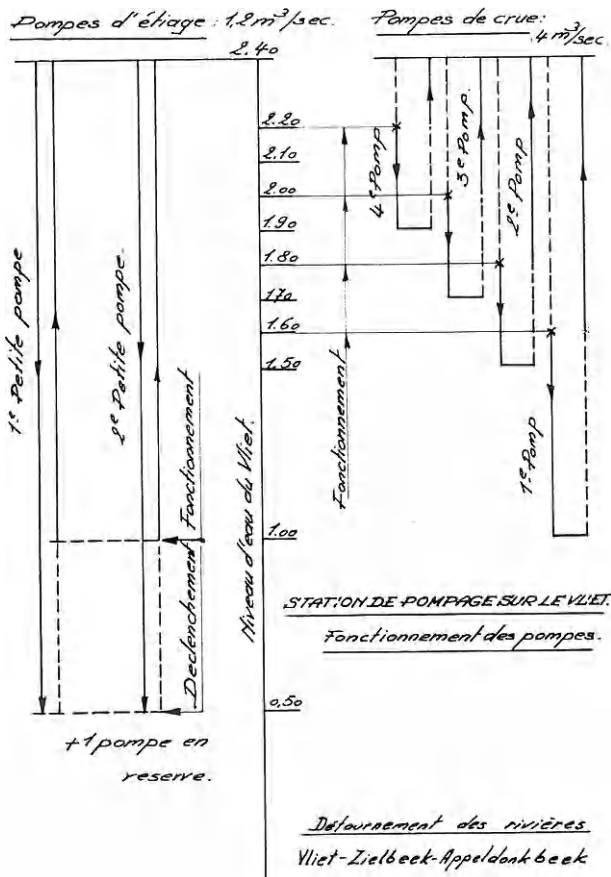
MARÉE NORMALE DANS LE RUPEL AU DEBOUCHE DU VLIET.

(1951-1961)

Annexe 28



Annexe 29



Il s'ensuit que pour déterminer les caractéristiques des petites pompes, il convient de tenir compte d'un niveau amont (c'est-à-dire dans le Vliet) variant entre 0,10 m et 2,40 m. Pour le niveau aval (c'est-à-dire dans le Rupel) les pompes devront refouler l'eau jusqu'à une hauteur variant de 0,30 m à 2,50 m. L'annexe 29 donne une vue schématique du fonctionnement des pompes.

Remarques:

a) Les petites pompes doivent également pouvoir pomper les eaux du Vliet dans le Canal dont la cote de niveau est située à 4,40.

b) Un relais sera placé sur le Rupel qui à la cote 2,50 arrête le fonctionnement des petites pompes. Si à la suite de fortes pluies, le niveau de l'eau continue à monter, les pompes (grandes et petites) se remettent en action et pompent l'eau dans le canal.

Le fond du bassin est situé à la cote 0,80 et le niveau de l'eau ne peut dépasser la cote 2,40 en raison du danger d'inondation à l'amont des ruisseaux.

La longueur du bassin est de 400 m et la largeur est de 35 m.

En principe les petits débits (eaux polluées) s'écouleront par une tranchée calibrée à cette fin. Les produits de pollution se déposeront dans cette tranchée ce qui facilitera le maintien en état de propreté du bassin.

1.4.3. Pompes

A. Petites pompes

Il sera installé trois petites pompes avec un débit chacune de 1,2 l/sec. Ces pompes seront ou bien du type à axe vertical ou du type horizontal.

elles fonctionneront donc pendant un certain temps simultanément avec les grandes pompes.

Les petites pompes ont la possibilité de pomper l'eau soit dans le Rupel, soit dans le canal.

La première petite pompe enclenchera lorsque l'eau dans le bassin atteindra la cote 0,50 et déclenchera à la cote 0,10.

La seconde petite pompe enclenche lorsque l'eau dans le bassin arrive à la cote 1,00 et déclenche à la cote 0,50.

L'annexe 29 donne un schéma du fonctionnement des petites pompes.

La troisième petite pompe est une réserve, conçue pour le remplacement des 2 pompes précitées.

B. Grandes pompes

Il y a 4 grandes pompes de 4 m³/sec qui pompent les eaux dans le canal à l'intervention d'un réservoir. Ces pompes sont du type à axe vertical.

La première grande pompe enclenche à la cote 1,80 et déclenche à la cote 1,00; la quatrième pompe enclenche à la cote 2,40 et déclenche à la cote 2,10; les autres pompes fonctionnent entre les cotes de niveau précitées.

L'annexe 29 donne un schéma du fonctionnement de ces pompes.

Les caractéristiques des grandes pompes tiennent compte des différences de niveau ci-après:

— le niveau le plus bas (c'est-à-dire dans le Vliet) pour un niveau aval (c'est-à-dire dans le canal) de 4,60.

Le niveau amont pour atteindre 2,40 mais dans ce cas le niveau aval peut atteindre 5,40.

Le rendement maximum doit être calculé pour un niveau amont de 1,50 et un niveau aval de 4,60.

Remarque:

Les grandes pompes travaillent toujours en même temps que les petites.

Ces dernières ont la faculté de pomper les eaux, soit dans le Rupel, soit dans le canal.

1.4.4. Bâtiment

La conception du bâtiment est représentée aux plans de l'adjudication de l'équipement électrique.

Différentes caractéristiques du bâtiment seront cependant influencées par le genre de matériel électromécanique utilisé.

La comparaison des offres des fabricants du matériel électromécanique tiendra compte de son influence sur le bâtiment.

2. Zielbeek

2.1. Généralités

Le bassin du Zielbeek situé lui aussi sur les provinces d'Anvers et de Brabant a une superficie de 4.835 ha et s'étend sur le territoire des communes dont les noms sont cités en annexe 30 ci-contre

L'embouchure est située sur le territoire de la commune de Hingene. Actuellement le Zielbeek s'écoule à l'intervention d'une écluette de marée dans le Vliet. Avant détournement du canal vers le Rupel, le Zielbeek débouchait directement dans le Rupel en amont du croisement du Rupel avec la route Bruxelles-Anvers. Le ruisseau était à l'époque soumis à marée. Par suite des travaux de détournement du canal le ruisseau fut coupé de son débouché naturel. Son lit fut déplacé et par l'action d'écluette de marée le ruisseau fut soustrait à l'influence des marées. Depuis le ruisseau ne débouche plus directement dans le Rupel mais dans le Vliet. L'annexe 31 donne un aperçu de la situation ancienne et actuelle.

Par marée haute l'écluette de marée fermée empêche l'écoulement des eaux du Zielbeek dans le Vliet. Il se forme une accumulation d'eau dans le cours inférieur du ruisseau qui fait service d'énorme bassin tampon: le cours inférieur est donc encore indirectement influencé par les marées (annexe 32). Lorsque simultanément de fortes pluies alimentent le bassin amont et que de grandes accumulations d'eau se produisent avec des fortes marées hautes (durée d'ouverture petite), le Zielbeek est sujet à d'importants débordements, et ce même loin à l'amont de son embouchure.

ANNEXE 30

Liste des communes donnant la superficie des parcelles comprises dans le bassin hydrographique du Zielbeek

Communes	Province	Superficie partielle du bassin hydrographique situé dans les communes
Beigem	Brabant	60 ha
Breendonk	Antwerpen	739 ha
Kapelle-op-den-Bos	Brabant	183 ha
Londerzeel	Brabant	165 ha
Meise	Brabant	568 ha
Nieuwenrode	Brabant	408 ha
Puurs	Antwerpen	400 ha
Ramsdonk	Brabant	434 ha
Ruisbroek	Antwerpen	325 ha
Tisselt	Antwerpen	489 ha
Willebroek	Antwerpen	315 ha
Wolvertem	Brabant	749 ha
Total:		4.835 ha

Liste des communes donnant la superficie des parcelles asséchées par pompage

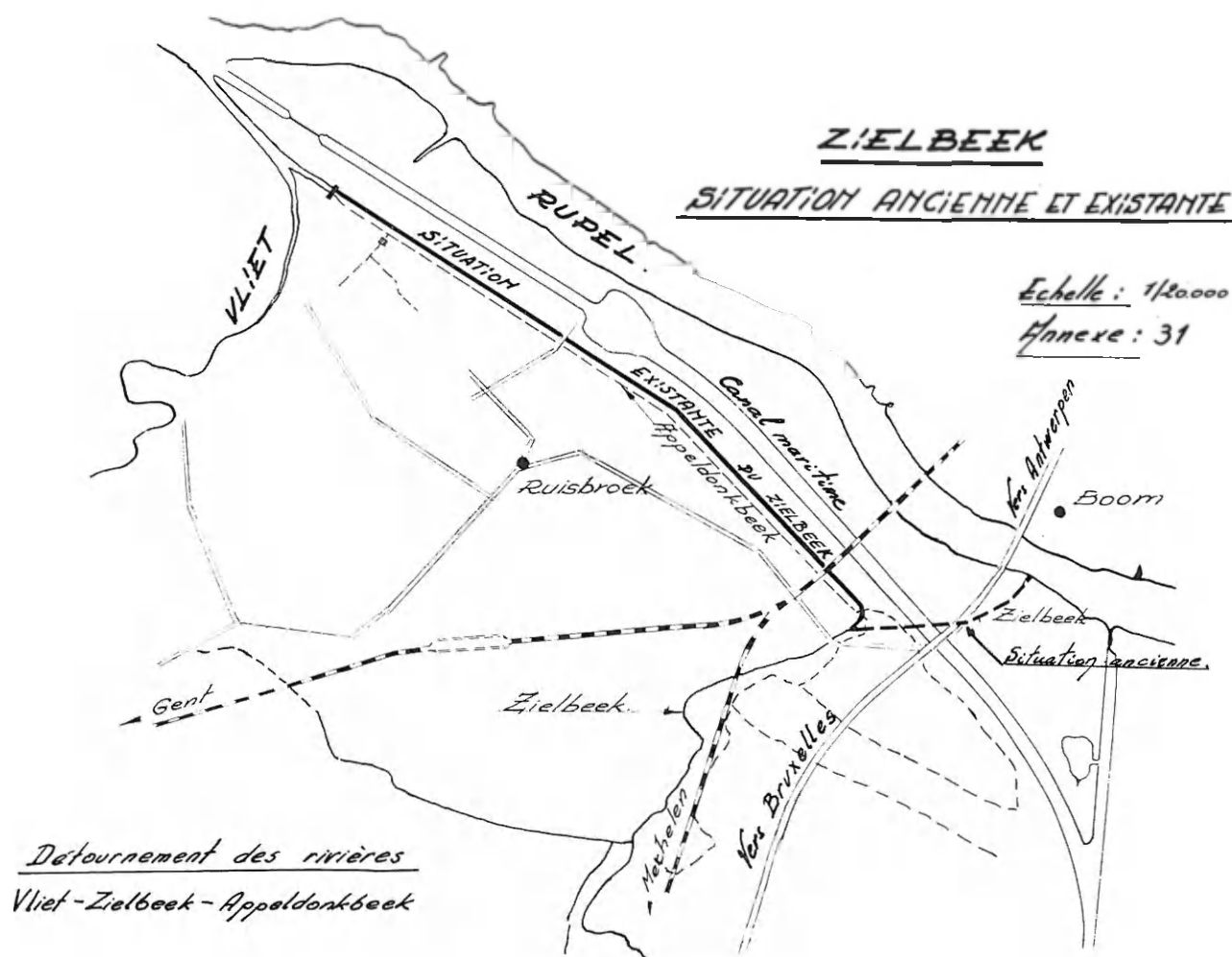
Communes	Province	Superficie
Breendonk	Antwerpen	126 ha
Puurs	Antwerpen	388 ha
Ruisbroek	Antwerpen	315 ha
Willebroek	Antwerpen	227 ha
Total:		1.056 ha



Photo 13. — Jonction de la branche rurale et de la branche urbaine de l'Appeldonkbeek. La pollution de l'eau est due aux déversements des égouts de Willebroek et d'usines chimiques.



Photo 16. — Limnimètre sur le Zielbeek à Ruisbroek.



Ces débordements peuvent encore s'accroître lorsque par marée haute exceptionnelle les portes des éclusettes de marée restent fermées pendant plusieurs cycles de marée.

L'annexe 30 donne également par communes les superficies de terrain situées dans le bassin hydrographique du Zielbeek en dessous de la cote + 5,00.

L'eau du Zielbeek, à l'exception de la partie en aval de la S.A. des Produits Chimiques du Rupel est suffisamment propre pour être pompée directement dans le Canal. Etant donné que la station de pompage sera construite en amont de ces installations et que les eaux usées des installations précitées seront évacuées par un égout vers l'Appeldonkbeek, les eaux amenées par le Zielbeek pourront être pompées directement dans le canal. En amont des Produits Chimiques du Rupel les eaux du Zielbeek constituent en grande partie des eaux de drainage de terrain de culture.

2.2 Le débit du Zielbeek

Nous avons employé différentes méthodes pour rechercher les débits maxima, minima et moyens du Zielbeek.

Comme pour le Vliet nous avons au cours des premiers essais utilisé des données qui nous ont été communiquées par divers organismes, les théories qui donnent le rapport entre la chute d'eau dans le bassin hydrographique et le débit du ruisseau.

Nous avons en outre procédé à des mesurages directs du débit du Zielbeek à des périodes différentes de l'année.

Enfin, nous avons mesuré le débit du Zielbeek en fonction de la différence de niveau dans le ruisseau au droit de son éclusette de marée, au moment de l'ouverture et après fermeture de l'éclusette. Etant donné que nous avons noté les niveaux précités durant plusieurs années, nous avons ainsi un aperçu sur l'évolution du débit de ce ruisseau durant cette période.

2.2.1. Théories générales - Données relatives à d'autres rivières

a) Le débit maximum d'une rivière avec un bassin hydrographique comparable tant en ce qui concerne la superficie, la cote de niveau et la végétation à celui du Zielbeek est égal à la superficie du bassin hydrographique multipliée par 1,1 l/ha/sec.



Photo 14. — Le Vliet à Eikevliet où les inondations sont annuelles.



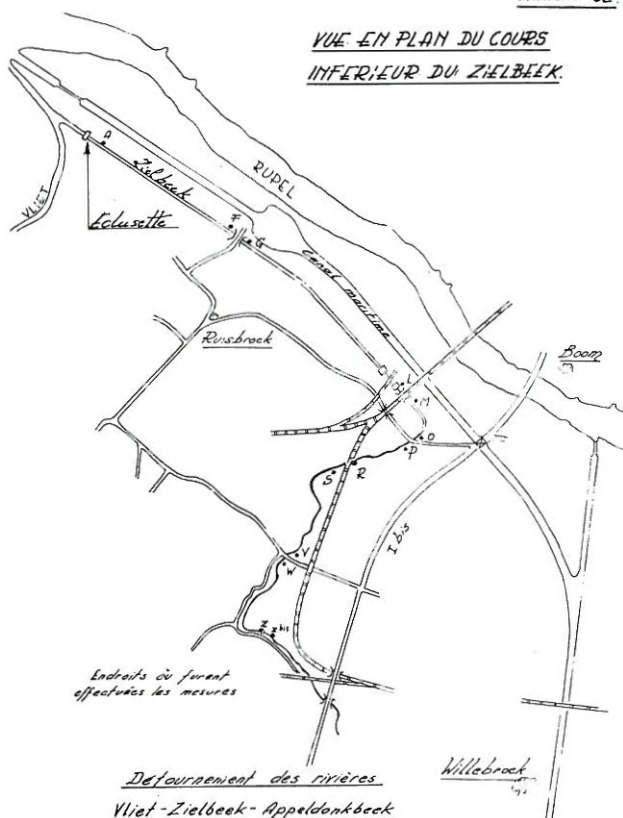
Photo 15. — Petit barrage sur le Zielbeek dans son cours amont. On remarque la limpidité de l'eau.



Photo 17. — Le Molenbeek à Puurs

Annexe 32

VUE EN PLAN DU COURS INFÉRIEUR DU ZIELBEEK.



Pour le Zielbeek:

Q max. = 4.835 ha.

$$\times \frac{1,1 \text{ lit.}}{\text{ha/sec.}} = 5.318,5 \text{ l/sec.} = 5,3185 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

b) Le débit moyen d'une rivière, dans les conditions précitées, est obtenu en appliquant le coefficient 0,08 l/ha/sec.

Pour le Zielbeek

Q moyen = 4.835 ha.

$$\times \frac{0,08 \text{ lit.}}{\text{ha/sec.}} = 3.868 \text{ lit./sec.} = 3,868 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

c) Notre société a pris contact avec divers services tant du pays que de l'étranger qui ont eu des problèmes analogues à résoudre. Ceux-ci nous ont transmis les chiffres ci-après en ce qui concerne les débits maximum.

Ministère de l'Agriculture	1,2 l/ha/sec
Dienst der Nederlandse Polders	1,5 l/ha/sec
Nederlands Kultuurtechnische Dienst	0,96 l/ha/sec
Chiffre d'application bassin hydrographique de la petite Nèthe	0,78 l/ha/sec

En appliquant les chiffres précités au Zielbeek nous arrivons au débit maximum de l'annexe 33. Le débit maximum le plus fort est obtenu en appliquant le chiffre donné par le « Dienst der Nederlandse Polders », soit 7,252 m³/sec.

Le débit maximum le plus faible est obtenu en appliquant le coefficient de la petite Nèthe, soit 3,771 m³/sec.

Le débit maximum moyen du Zielbeek obtenu en appliquant les chiffres donnés par les organismes précités est 5,37 m³/sec.

Discussion

Etant donné que le bassin hydrographique du Zielbeek et du Vliet présente les mêmes caractéristiques, nous pouvons faire les mêmes remarques que sous paragraphe 1.2.1 et admettre que le coefficient pour débit maximum établi pour la petite Nèthe correspond le mieux à celui du Zielbeek.

2.2.2. Mesurage sur le Zielbeek

Les mesurages sur le Zielbeek ont été effectués de la même manière que pour le Molenbeek. La méthode est détaillée sous paragraphe 1.2.2.

L'annexe 34 donne une vue en plan du bassin d'attente du Zielbeek, tandis que l'annexe 35 donne une coupe en travers au droit des différents limni-mètres.

La méthode appliquée est la mieux choisie pour déterminer le débit moyen le plus courant du Zielbeek.

ANNEXE 33

Zielbeek

Origine Débit unitaire	Débit unitaire ha/sec	Débit maximum Zielbeek en m³/sec
Ministère de l'Agriculture	1,20 l/ha/sec	5,802 m³/sec
Dienst der Nederlandse Polders	1,50 l/ha/sec	7,253 m³/sec
Nederlandse Kultuur Technische Dienst	0,96 l/ha/sec	4,642 m³/sec
Chiffre constaté sur le bassin de la petite Nèthe	0,78 l/ha/sec	3,771 m³/sec



Photo 18. — Le Molenbeek à Puurs.



Photo 19. — Limnigraphe installé sur le Molenbeek à Liézele.

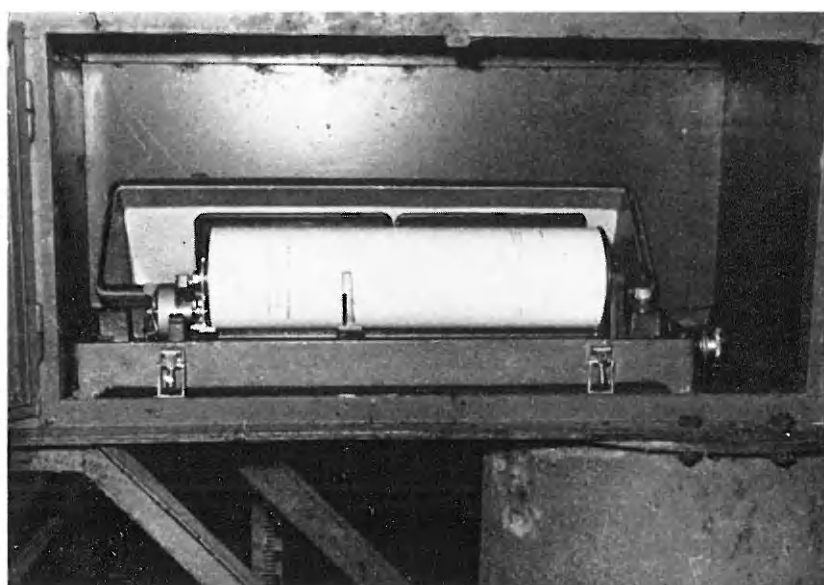
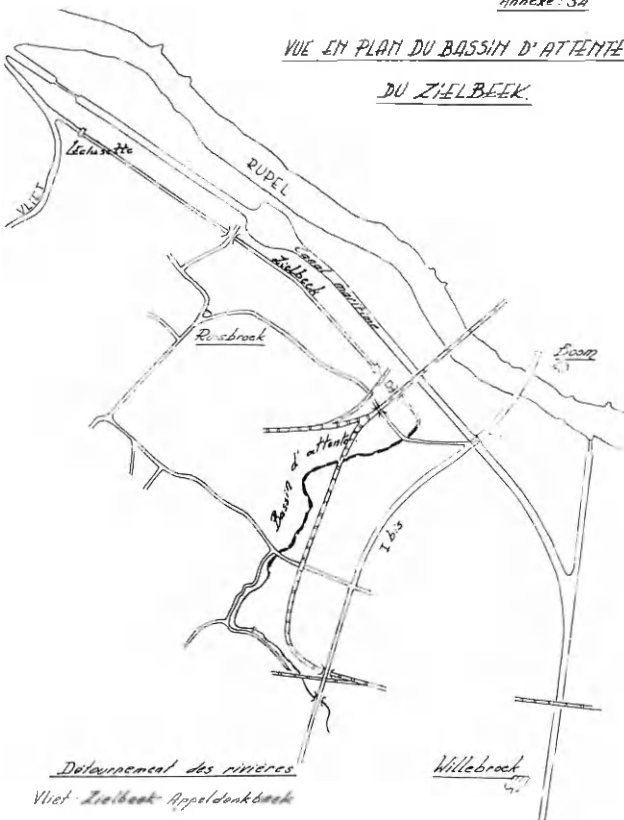


Photo 20. — L'enregistrement permanent du limnigraphe.

Annexe: 34

VUE EN PLAN DU BASSIN D'ATTENTE
DU ZIELBEEK.



Mesurages effectués

De la manière décrite ci-devant 8 mesurages ont été effectués sur le Zielbeek. Ces mesurages ont été faits chaque fois au moment de la fermeture des portes de l'éclusette de marée et également au moment de l'ouverture de celle-ci. Entre les mesurages extrêmes des sondages ont été effectués toutes les 1/2 heures dans le ruisseau à l'endroit des différents limnimètres.

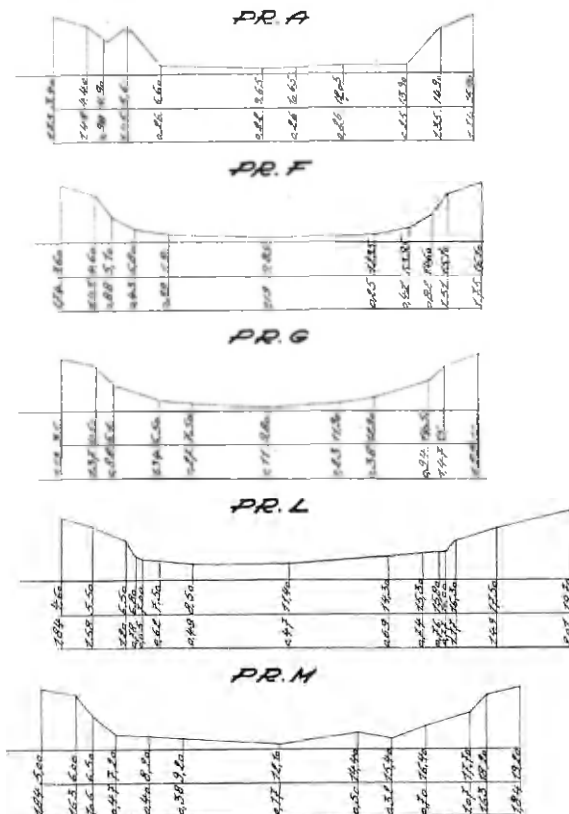
Le temps entre deux fermetures consécutives des portes des éclusettes de marée correspond à une pleine marée.

Afin de déterminer à l'avance le moment de la fermeture et de l'ouverture en rapport avec la marée haute à Wintam, l'heure d'ouverture et de fermeture a été notée plusieurs fois. Ceci nous a permis de dresser le schéma général de l'annexe 36.

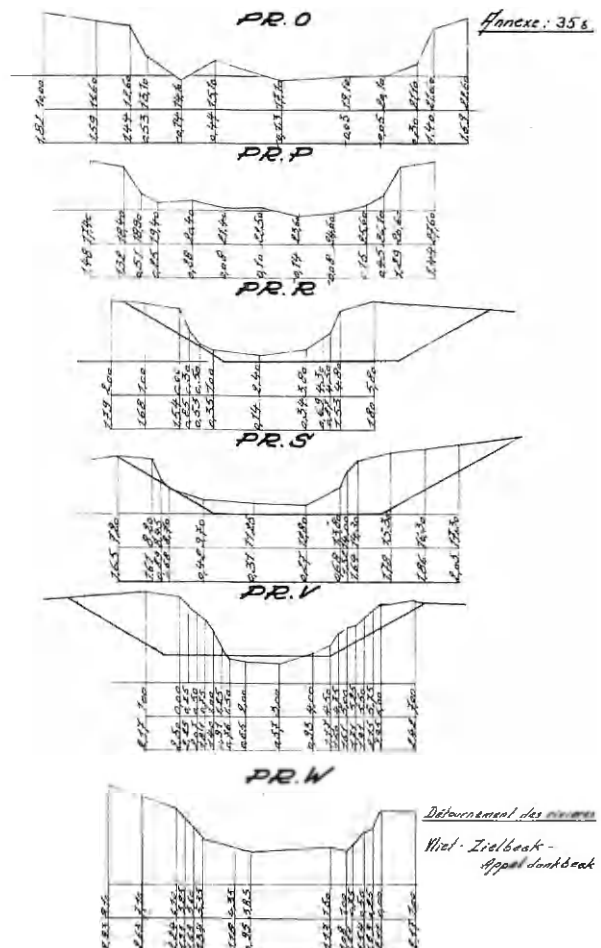
Le tableau ci-après donne les résultats de ces mesurages.

PROFILS EN TRAVERS - ZIELBEEK.

Annexe: 35 a



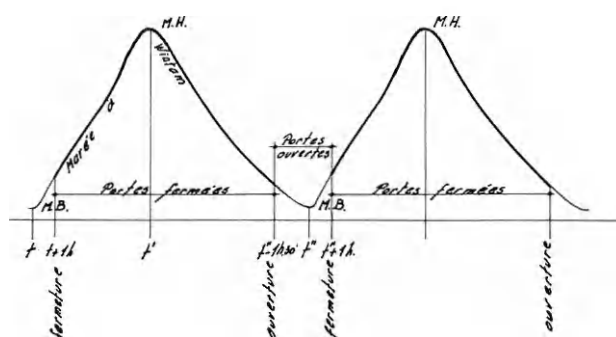
Déplacement des rivières
Vliet - Zielbeek - Appeldonkbeek



ANNEXE 36

Mesurage des niveaux sur le Zielbeek

	Schéma horaire	Heure probable
Marée montante	Marée basse à Wintam Fermeture des dernières portes busquées	t $t + 1 \text{ h}$
Marée descendante	Marée haute à Wintam Ouverture des portes busquées	t' $t' - 1 \text{ h } 30'$
Marée montante	Marée basse à Wintam Fermeture des dernières portes busquées	t'' $t'' + 1 \text{ h}$
	Début de la montée	$t - 30'$
	Heure probable du premier enregistrement	t
	Fin des constatations	$t'' + 1$



Détournement des rivières Vliet - Zielbeek - Appeldonkbeek.

REMPLEISSAGE DU BASSIN TAMPON

Dates	Q moyen	Q maximum
26.05.65	0,452 m ³ /sec	0,521 m ³ /sec
25.06.65	0,353 m ³ /sec	0,482 m ³ /sec
06.08.65	0,508 m ³ /sec	0,625 m ³ /sec
21.09.65	0,402 m ³ /sec	0,553 m ³ /sec
20.10.65	0,246 m ³ /sec	0,380 m ³ /sec
17.12.65	1,034 m ³ /sec	1,648 m ³ /sec
30.11.65	1,567 m ³ /sec	2,321 m ³ /sec
19.12.66	1,218 m ³ /sec	1,863 m ³ /sec

VIDANGE DU BASSIN

Dates	Q moyen	Q maximum
26.05.65	1,480 m ³ /sec	2,244 m ³ /sec
06.08.65	2,290 m ³ /sec	2,659 m ³ /sec
25.06.65	1,610 m ³ /sec	1,866 m ³ /sec
17.12.65	3,330 m ³ /sec	4,560 m ³ /sec
30.11.65	5,510 m ³ /sec	6,703 m ³ /sec
29.12.66	3,834 m ³ /sec	4,493 m ³ /sec

2.3. Corrections des profils en long et en travers de la rivière

2.3.1. Généralités

De même que pour le Vliet, il ne suffit pas pour le Zielbeek de construire une station de pompage qui permette d'évacuer le plus grand débit dans le Rupel. Il doit être également possible d'assurer l'écoulement de ce débit maximum jusqu'à la station de pompage, sans provoquer des inondations en amont.

Il est donc nécessaire d'apporter des corrections aux profils en long et en travers du Zielbeek.

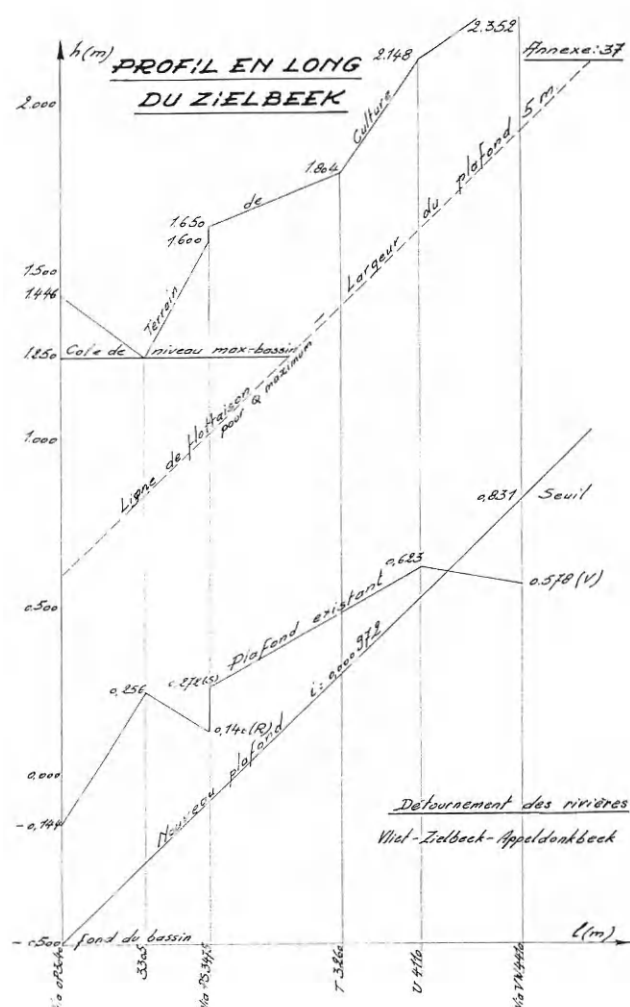
Pour le calcul de ces corrections, nous admettons que la rivière a un débit maximum de 6 m³/sec; lors du recalibrage du Zielbeek, il faut tenir compte des seuils au droit des viaducs au croisement du Zielbeek avec la route Klein-Willebroek-Ruisbroek et au croisement avec l'Appeldonkstraat à Ruisbroek.

La première étape de la mise sous nouveau profil comprendra les corrections du cours inférieur du Zielbeek jusqu'au croisement avec l'Appeldonkstraat

à Ruisbroek. L'annexe 26 donne une vue en plan de cette partie du Zielbeek.

Afin de réduire le plus possible le coût des travaux de terrassement et de dragage, de démolition d'ouvrage d'art, d'aménagement des égouts, etc..., nous avons intérêt de maintenir tant que possible le tracé en long du Zielbeek et de travailler le profil en travers de façon à permettre en tout point le passage du débit maximum du ruisseau.

L'annexe 37 donne un profil en long du Zielbeek entre le croisement avec l'Appeldonkstraat et celui avec la route de Klein-Willebroek-Ruisbroek.



L'annexe 35 donne les tracés en travers actuels et futurs dans cette partie du Zielbeek.

Pour la correction des parties précitées du Zielbeek, nous imposons les conditions ci-après:

a) Les terrassements seront réduits autant que possible.

b) Même par débit maximum, le Zielbeek ne pourra monter au-dessus de son niveau d'étiage.

c) Par débit maximum, les terrains environnants doivent pouvoir être asséchés.

d) Les ouvrages d'art existants (1 chemin de fer + 2 croisements de route) doivent être maintenus.

L'annexe 37 donne en plus du profil en long existant, le profil en long futur de la Zielbeek recalibrée et le niveau d'eau prévu.

2.3.2. Calculs hydrauliques

A. Détermination des profils en long et en travers

Des calculs de contrôle ont prouvé qu'il est plus aisé de répondre aux exigences posées en admettant un même profil en travers pour toute la longueur du cours inférieur recalibré et en y appliquant une pente hydraulique constante.

Comme profil en travers, nous admettons un profil avec une longueur de fond de 5 m et des talus à 30°.

Comme pente, nous admettons une pente moyenne entre le viaduc de l'Appeldonkstraat (0,831) et celui de route Klein-Willebroek-Ruisbroek (— 0,500)

$$C = \frac{0,831 - (-0,500)}{1,370} = 0,000972$$

B. Calcul du niveau d'eau

A l'aide de la formule Bazin, nous cherchons à tâtons le niveau qui correspond au débit de 6 m³/sec. Les calculs indiqués sont ceux obtenus à l'aide du débit supposé.

Nous admettons que le niveau d'eau dans le Zielbeek est 1,10 m. Dans ce cas nous avons, suivant l'annexe 38, pour un ruisseau avec une longueur de fond de 5 m et talus sur 30°.

$$\begin{aligned} \Omega &= 6,75 \text{ m}^2 \\ x &= 9 \text{ m} \\ R &= 0,75 \text{ m} \\ \frac{R i}{U} &= \frac{\sqrt{0,775 \times 0,000972}}{U} = 0,345 \\ U &= \frac{\sqrt{0,000755}}{0,0345} = 0,794 \text{ m/sec.} \end{aligned}$$

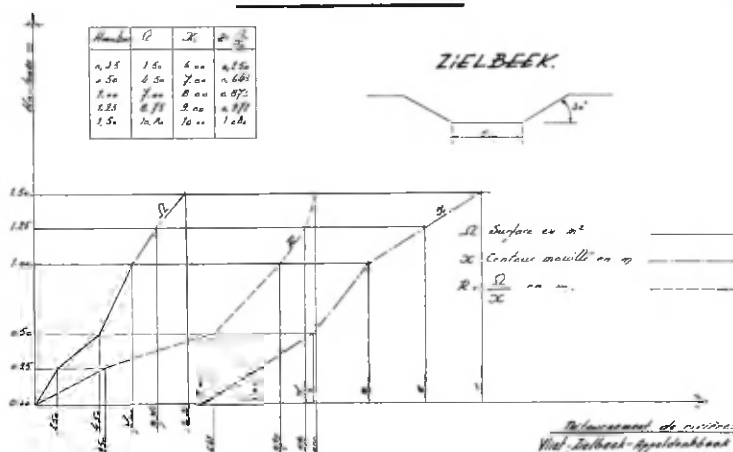
$$Q = 5,75 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Nous considérons que ces résultats sont suffisamment approchés. Le niveau d'eau sera donc 1,10 m au-dessus du fond par débit maximum.

L'annexe 37 donne une ligne de niveau théorique pour débit maximum.

PROFIL TYPE

Annexe 38



2.3.3. Travaux de terrassement et de dragage à effectuer

Pour le reprofilage du Zielbeek de la façon comme décrite ci-avant, il y a 10.000 m³ de terrassement à effectuer dans la section située entre le croisement avec l'Appeldonkstraat et celui avec la route Klein-Willebroek-Ruisbroek. L'annexe 39 donne le calcul des travaux de terrassement nécessaires.

Annexe 39

RECALIBRAGE

Profil	opp = m ²		
P	5,40	$\frac{5,40 + 8,85}{2} \times 265 =$	1.921,250 m ³
Q	8,85	$\frac{8,85 + 8,10}{2} \times 170 =$	1.440,750 m ³
S	8,10	$\frac{8,10 + 7,20}{2} \times 385 =$	2.945,250 m ³
T	7,20	$\frac{7,20 + 7,95}{2} \times 250 =$	1.893,750 m ³
U	7,95	$\frac{7,95 + 6,43}{2} \times 300 =$	2.157,00 m ³
W	6,43		
Volume à draguer			10.358,00 m ³
Prix unitaire			× 70 F
Prix total			725.060,00 F

Detournement des rivières

Vliet-Zielbeek-Appeldonkbeek

2.4. Station de pompage - Caractéristiques techniques

2.4.1. Débit à pomper

Nous admettons que le débit moyen du Zielbeek est de 0,4 m³/sec et le débit maximum de 6 m³/sec.

L'eau du Zielbeek est à chaque débit suffisamment propre pour être pompée dans le canal.

2.4.2. Caractéristiques de la rivière et du bassin

En amont de la station de pompage est prévu un bassin où s'accumulent les eaux de la rivière. Ce bassin est conçu pour permettre aux pompes de fonctionner un minimum de temps.

Là où le Zielbeek s'écoule dans le bassin, son plafond (seuil du viaduc de la route Ruisbroek-Willebroek) se trouve au niveau 0,50 et le niveau maximum ne peut dépasser 1,25 m.

2.4.3. Pompes

A. Petites pompes

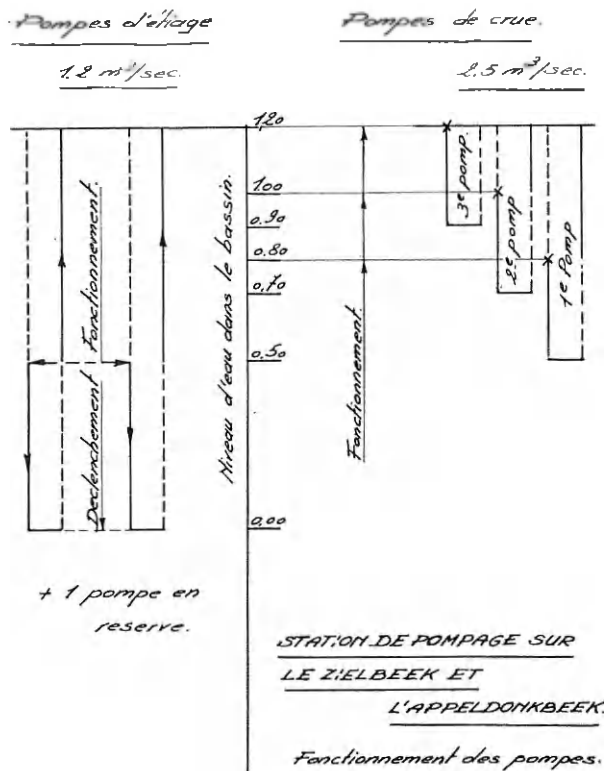
Il sera installé 3 petites pompes avec débit de 1,2 m³/sec (dont une de réserve). Celles-ci pomperont aussi bien les petits débits du Zielbeek vers le Rupel que tout le débit de l'Appeldonkbeek.

Le fonctionnement des petites pompes est donné en annexe 40 où nous renseignons les conditions d'amont puisque les conditions d'aval sont les mêmes que celles des stations de pompage du Vliet.

B. Grandes pompes

Il est prévu 3 grandes pompes de 2,5 m³/sec. Le fonctionnement de ces pompes est donné en annexe 40. Ces pompes déversent toujours dans le canal, tandis que les petites pompes déversent aussi bien dans le Rupel que dans le canal.

Annexe 40



Détournement des rivières
Vliet - Ziebbeek - Appeltonbeek

III. VOYAGES EFFECTUES EN BELGIQUE ET A L'ETRANGER DANS LE CADRE DE LA PRESENTE ETUDE

1. Visite à Liège, à l'Association pour le démergement des communes de Liège, Directeur M. Fraiture

Le rapport de visite rédigé après les contacts pris sur place peut être résumé comme suit:

On constate qu'il n'y a pas identité entre les problèmes qui nous préoccupent et ceux traités à Liège où il s'agit de démerger des régions sujettes à des affaissements miniers et inondés par un relèvement de la nappe phréatique.

Les quantités d'eau prises en considération correspondent d'ailleurs à celles des agglomérations et il importe, en plus du pompage semi-permanent (qui correspond à un rabattement permanent de la nappe aquifère) d'évacuer les eaux usées et aussi les eaux d'orage.

Les calculs de débits tiennent compte d'une part des caractéristiques d'une agglomération, des retards

à l'écoulement, bref de données d'un problème urbain, alors que pour le Vliet et le Ziebbeek nous devons surtout examiner des caractéristiques rurales.

Les tuyaux d'égouts sont construits par les services de l'Intercommunale. On retiendra comme renseignements intéressants:

a) les égouts sont circulaires et non pas ovoïdes et posés sur une assise en béton fabriquée en même temps que les tuyaux.

b) on place des joints de la maison Denso, le recouvrement des tuyaux étant fait par une épaisseur complète et non pas une demi-épaisseur.

c) les tuyaux ont une longueur de 1,50 m ou de 3 m.

d) on construit un bassin de chasse sur la branche terminale en amont.

e) les précautions contre la corrosion des tuyaux en béton consistent à employer du ciment sulfaté (silitor) et à placer des armatures à 5 cm des parois.

L'équipement électromécanique des stations de pompage doit répondre aux critères suivants:

— robustesse due à la nature des eaux pompées: eaux d'égouts chargées de graviers, de chiffons, de bouts de bois, etc.

— rapidité de mise en service en cas de sollicitation dont la principale est due aux orages.

— variation des débits obtenus par l'installation de plusieurs pompes identiques (généralement de 3 à 6 groupes moto-pompes).

— automatisation et surveillance à distance pour réduire au maximum le personnel présent en permanence.

— sécurité absolue du fonctionnement par une alimentation de deux sources distinctes d'électricité, de deux puisards isolés par station de pompage et d'un puisard de réserve pour l'ensemble de la station de pompage.

Les pompes sont du type centrifuge à vitesse lente (500 t/m). Il en résulte une plus grande robustesse en cas de choc de la roue avec des éléments en suspension dans l'eau. Il en résulte aussi une plus grande largeur de la roue qui permet le passage des corps entraînés.

L'énergie motrice est l'électricité. Il n'est fait nulle part usage de moteurs Diesel comme énergie d'appoint parce que la sécurité des deux sources électriques distinctes est totale.

Pour assurer la continuité de l'alimentation, il est prévu un double réseau de câbles de H.T.; (soit 6.300 V — soit 15.000 V) provenant de 2 sociétés différentes distributrices d'énergie électrique.

Ce système d'alimentation a prouvé qu'il était d'une sécurité pratiquement totale durant l'hiver

1944/45, lors de la chute des bombes volantes sur la région liégeoise qui coïncidait avec une crue de la Meuse à caractère exceptionnel.

Les moteurs sont asynchrones triphasés à démarrage direct. Au delà de 100 CV, ils sont alimentés en H.T. (6.300 V). Les démarrages ne perturbent pas les autres usagers car les câbles d'alimentation sont propres à l'Intercommunale et desservent uniquement les stations de démergement à partir de la centrale ou du poste de transformation.

Le principe du dédoublement des installations est respecté également pour les transformateurs, les tableaux blindés H. et B. tension, les armoires de signalisation, etc.

La mise en service des groupes moto-pompes est automatique. Des flotteurs se déplacent dans les tuyaux en fonte. Leurs contrepoids actionnent des interrupteurs déclenchant les appareillages électriques de commande.

La mise en service est faite également par cannes plongeuses actionnant les organes de commande par l'intermédiaire d'appareils électroniques.

En cas de déclenchement général par panne sur l'un des réseaux de distribution, le réenclenchement des groupes est étagé par relais temporisés.

Du fait que les débits sont variables, une ou plusieurs pompes seront mises en service; l'ordre des pompes est permuté par interrupteur et indiqué à l'armoire de signalisation.

Les dérangements des pompes, les manques de tension, l'absence d'eau sur les bourrages des pompes, les défauts à l'appareillage électronique sont visualisés par lampes témoins de teintes différentes sur l'armoire de signalisation.

Divers renseignements nous sont communiqués:

a) les puisards des pompes sont groupés en deux citernes communicantes qui peuvent être isolées. Chaque moitié du nombre total des pompes est branchée sur une citerne.

b) Chaque pompe est munie d'une canalisation à la sortie qui peut débiter à proximité du puisard desservi par l'autre pompe. En faisant fonctionner la première, on brasse les saletés près du tuyau d'aspiration de la seconde qui peut les évacuer. On évite ainsi l'entretien des grilles obliques à larges mailles carrées qui sont placées à l'entrée des puisards pour arrêter les corps volumineux (les barreaux verticaux sont prévus à l'extérieur pour nettoyage par peigne); à l'entrée des puisards on peut supprimer les crêpines, on se contente de prévoir de nombreux regards de visite dans le corps des pompes.

c) L'étanchéité du bâtiment cuve qui plonge dans la nappe aquifère est réalisée a posteriori par des injections de ciment. De plus, l'ossature du bâtiment est constituée de nombreux portiques en béton armé fortement liaisonnés entre eux. La toiture du bâti-

ment est en béton armé surmonté d'une chape sur laquelle on pose des dalles en béton.

Visites de stations de pompage

Nous nous bornerons à retenir les points remarquables de la station de Herstal récemment inaugurée (octobre 1964). Cette réalisation est celle qui synthétise les connaissances et l'expérience acquise. On peut, au point de vue génie civil retenir essentiellement:

Un aspect extérieur moderne et esthétique: murs aveugles en briques de parement jusqu'au premier étage dont le niveau correspond à celui des PHE de la Meuse. Jusqu'au premier étage, la salle des machines forme encuvement étanche.

A partir de ce niveau encadrement en béton jusque sous le niveau des poutres de châssis d'aluminium anodisé avec dans le bas des plaques de Glasal noir. La porte d'entrée métallique est monumentale et l'aspect intérieur du bâtiment confirme l'impression que donne la vue extérieure à savoir une propreté méticuleuse et une très grande luminosité. Les murs sont peints, les câbles sont enchassés dans des gaines, les pompes, les vannes, les tableaux électriques sont soigneusement peints en couleurs conventionnelles. Les différents étages du bâtiment sont en fait constitués en niveau dont la moitié de la surface est un vide au-dessus des pompes. Dans ce vide peuvent être soulevés les pompes ou les moteurs, grâce à un pont-roulant d'une force portante de 5 T, alimenté électriquement et commandé à main.

Le personnel dispose d'installations sanitaires et sociales ainsi que de 2 ascenseurs.

Les pavements sont, soit en granito, soit en dallage mosaïque. Les escaliers sont en granito avec mains courantes en spimalon. Même les socles de moteur sont recouverts de granito. Comme l'ensemble est fort bien entretenu, il présente un aspect de propreté et de netteté encore agrémenté par une luminosité très dense.

Les transformateurs sont installés face à face dans deux niches séparées par une plate-forme donnant sur l'extérieur au-dessus de laquelle un rail de roulement permet leur déplacement jusqu'à une trappe. Sous celle-ci, un camion peut charger le transformateur pour une réparation éventuelle.

2. Visite en Hollande à la Haye (Rijkswaterstaat)

1. Il est constaté que le calcul de la capacité des pompes doit se faire sur la base d'un débit de $10 \text{ m}^3/\text{minute} \times 100 \text{ ha}$, ce qui correspond à une chute d'eau de 1,7 litres/ha/seconde.

Pour le Zielbeek, tenant compte d'une hauteur géométrique de 5,5 m pour un débit de $8 \text{ m}^3/\text{sec}$, on trouve une puissance de pompe totale de 800 CV et une puissance installée de 900 CV, soit 4 pompes de

2 m³/sec, 225 CV, avec un rendement d'installation de 0,85.

2. Il convient de bien profiler les dessous des pompes pour en faciliter l'entrée de l'eau vers les crépines. La vitesse du liquide ne doit pas dépasser 0,40 m/sec et la vitesse optima est de 0,2 m/sec. Lors du pompage de faibles débits, il convient donc de ne pas pomper à vitesse trop élevée, ce qui nécessite de prévoir la mise en place de moteurs à 2 vitesses de fonctionnement.

3. En Hollande, beaucoup d'installations sont équipées de moteurs Diesel. Le carburant est stocké dans un tank et la réserve sert pendant 4 ans.

4. Exploitation des stations de pompage. 3 pompes de 3,3 m³/sec, devant relever l'eau de 10 m, coûtent à l'installation 3.100.000 gulden avec pompes et moteurs électriques (2.200.000 gulden pour le génie civil et 900.000 gulden pour l'équipement) et avec Diesel 3.300.000 gulden (génie civil: 2.200.000 gulden et équipement: 1.100.000 gulden).

Sur la base d'un fonctionnement de 700 à 1.000 heures/an (1) les frais d'entretien, d'exploitation et financiers sont les suivants:

— Installation avec appareillage électrique:

Exploitation et entretien	28.000 gulden
Frais financiers	20.000 gulden
soit au total	48.000 gulden

— Diesel:

Exploitation et entretien	20.000 gulden
Frais financiers	23.000 gulden
soit au total	43.000 gulden

On voit que la solution Diesel est plus économique, bien que plus coûteuse à l'investissement. Ceci n'est

(1) La chute d'eau est de 700 mm/an. On considère qu'un mm d'eau donne un fonctionnement de 1 heure/an de l'installation.

toutefois exact que si la durée de fonctionnement est supérieure à 600 heures/an. On peut donc en principe tracer les graphiques suivants (voir annexe 41):

Les points A et B varient d'une installation à l'autre, de même que la nature des courbes a et b. Ces données connues, il est possible de trouver le point C ou point d'équi-coût. En-deçà de l'abscisse de C l'installation électrique est la plus rentable, au-delà il convient d'installer des moteurs Diesel.

5. Visite d'installations de pompage. Il nous a été donné de visiter deux installations, l'une équipée par Diesel, l'autre par moteurs électriques. La première démerge 430 ha grâce à une rivière de 7 km de long et pour un fonctionnement de 700 heures/an d'installation. Dans un local de 10 m × 8 m, d'une hauteur de 12 m, sont installées deux pompes de 3 m³/sec, actionnées par deux moteurs de 175 CV chacun. Très bien aménagé intérieurement, grâce à du carrelage au sol et des revêtements muraux et au plafond, le local est tenu dans un état de propreté comparable aux stations de pompage que nous avons visitées à Liège.

L'abaissement du plan d'eau de 50 cm lors du pompage se fait sentir sur 5 km.

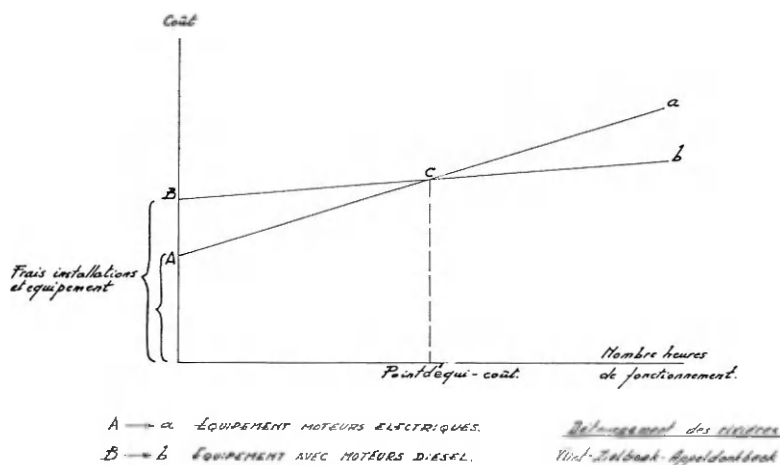
La seconde installation visitée est munie d'une installation électrique et démerge un polder d'une superficie légèrement inférieure au précédent.

3. Visite à Anvers

3.1. La station de pompage est destinée à faire passer les eaux du Schijn sous le futur nouveau canal creusé au Nord d'Anvers.

A partir de la station de pompage, les eaux sont refoulées dans 5, puis 8 conduites en béton de 1,50 m de diamètre, d'une capacité de 4 m³/sec et débouchent dans l'Escaut. A leurs extrémités sont placés des clapets de retenue.

ANNEXE 41



Si le débit actuel maximum est de $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ (dont 8 m^3 d'eaux polluées) la station de pompage a été prévue pour évacuer un débit de $20 \text{ m}^3/\text{sec}$ en prévision de l'extension de la zone résidentielle et industrielle du Nord d'Anvers. Les 20 m^3 sont évacués grâce à l'emploi de 5 pompes de $4 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Pour éviter un fonctionnement discontinu de ces pompes on a prévu de construire un bassin de tampon d'un volume de 100.000 m^3 (1 km de long, 100 m de large, 1 m de dénivellation).

En outre, les terrains devront être ultérieurement surélevés. On a prévu de placer les canalisations de refoulement sur pieux, ce qui rend évidemment la solution très coûteuse.

3.2 Caractéristiques des équipements électromécaniques

5 pompes de 600 CV

2 transfos, chacun de 4.000 KVA

Tension moteurs 6.500 V

Haute tension d'entrée 15.500 V (2 entrées de haute tension venant de Schelle et Merksem)

2 groupes de secours (1.000 KVA - 1.200 CV chacun)

Marque des pompes: Stork - moteurs ACEC.

3.3. Détails technologiques

3.3.1. Les conduites forcées (pression intérieure de 6 atmosphères) ne sont pas munies de cheminées d'équilibre.

3.3.2. Les grilles sont profilées suivant une courbe brevetée. Un monorail longe le bâtiment. Il y est suspendu en grappin qui décharge les saletés pour les déposer sur un banc le long de la rive.

3.3.3. Des essais sur modèle réduit ont été effectués au laboratoire hydraulique de l'Etat à Anvers pour profiler convenablement la chambre sous les pompes. Des changements judicieux ont été apportés au profil prévu et ont permis une amélioration notable du rendement des pompes.

4. Visite en Allemagne

A ESSEN

Points examinés

1. Nécessité de séparer les eaux sales (vers les petites pompes) des eaux qui seront déversées dans le bassin d'attente vers les grandes pompes.

2. Les grandes pompes doivent être des pompes hélicoïdes de 1 m de diamètre tournant à 415 t/min.

3. Chaque pompe doit avoir sa propre chambre. La distance entre parois ne doit pas excéder 2 m 70. Il faut prévoir un profilage du fond.

4. Le radier peut être remonté au niveau — 2,30 m. Par rapport à notre projet cela revient à:

a) réduire l'entredistance des axes des chambres de 4,30 m à 3 m (gain $6 \times 1,30 \text{ m} = 7,80 \text{ m}$ sur la largeur du bâtiment)

b) rapprocher l'axe de la pompe de la paroi du fond (1,35 m au lieu de 1,75 m)

c) relever le niveau du radier de 7,70 m à — 2,30 m (gain de volume appréciable).

5. Poids total — pompe + moteur: 9 tonnes.
Moteur: haute tension pour les pompes de $3 \text{ m}^3/\text{sec}$.
Pompes: centrifuges à axe vertical pour les petites pompes 800 l/sec.

6. Les grilles prévues devant les chambres doivent être uniquement des grilles verticales. L'entredistance de nu à nu est de 50 mm.

7. Le pompage doit se faire dans une tuyauterie qui plonge dans le déversoir et non horizontalement comme nous l'avions prévu.

5. Visite à l'I.D.E.A. à Mons

Points examinés:

5.1. Exposé de M. Nonclercq

5.1.1. Le problème de la vallée de la Haine est celui d'un bassin hydrographique assez long et assez large qui par suite des affaissements miniers connaît des difficultés d'évacuation vers la rivière. Celle-ci n'a qu'une pente de 20 cm au km et on conçoit que transversalement à la rivière les affaissements miniers aient créé des zones marécageuses. Il y a en permanence 5.000 ha noyées et dans les périodes humides 20.000 ha inondés dans toute la vallée de la Haine.

5.1.2. Beaucoup de stations de pompage sont nécessaires et aussi des ouvrages secondaires si on veut atteindre les 4 buts suivants qui sont poursuivis par l'I.D.E.A. à savoir:

- a) démerger;
- b) favoriser la reconversion;
- c) travailler en connexion avec le programme routier;
- d) préserver l'eau, capital de demain.

On voit donc, qu'en plus de problèmes de démergement, on s'occupe de l'assainissement (ne pas polluer les eaux propres) et de valoriser l'eau propre pompée en la stockant dans les bassins de retenue. L'I.D.E.A. prévoit pour l'irrigation et pour le stockage sur les divers cours d'eau, alimentant la Haine, 200 petits barrages de 1 à 1,50 m de retenue d'eau dont 136 sont prêts actuellement. Suivant leur grandeur ils ont des capacités de stockage de 100.000 à 400.000 m^3 . A l'avenir on pourra stocker dans tous

ces ouvrages 8 millions m³ d'eau. De plus, on envisage de renvoyer l'eau dans le sol en creusant jusqu'à la nappe à travers la couche de craie.

5.2. Hypothèse de base

Façon de calculer la capacité d'une station de démergement

La méthode est essentiellement basée sur l'étude, l'analyse et l'interprétation du régime des pluies sur le bassin hydrographique. A partir de ces données et en possession de certains abaques on peut déterminer les dimensions des pompes à installer.

5.2.1. On a procédé à une étude systématique du régime des pluies dans le borinage. L'ensemble des relevés fut effectué grâce à l'Institut Météorologique, à des particuliers (possédant un pluviomètre ou collaborant avec l'administration). En outre, les pluviographes installés en divers points de la région ont permis de connaître la courbe d'intensité de la pluie.

5.2.2. La courbe donnant l'intensité de la pluie en fonction de sa durée est une hyperbole équilatère.

5.2.3. On doit ensuite déterminer la pluie de base pour le dimensionnement en usant de certains coefficients. Si on prend 1 pour la pluie qui a lieu une fois tous les 10 ans on a $\pm 0,25$ pour une pluie tous les 3 mois et 1,9 pour les pluies tous les 100 ans.

5.2.4. Un faisceau de courbes valables pour tous les points du globe donne l'intensité en fonction de la durée du temps de pluie pour différentes surfaces du bassin hydrographique. Le faisceau de courbes obtenu est valable quelle que soit la région, moyennant une translation oblique.

5.2.5. Le facteur de concentration est relatif à la notion suivante: soit une intensité déterminée et la pluie supposée tombée sur plusieurs milliers d'hectares, doit être évacuée par des collecteurs très longs. L'intensité de la pluie de base correspond à celle de la pluie de tous les 10 ans. On cherche la concentration la plus défavorable dans le collecteur, c'est-à-dire celle qui donnera le débit maximum. Remarquons que l'influence du vent sur les bassins de 2.000 ha ou moins est négligeable.

La formule générale est:

$$Q = \text{surface} \times \text{ruissellement} \times \text{coefficient pluie} \\ \times \text{temps de concentration}$$

Le temps de concentration dépend de la surface relative des zones à haut coefficient de ruissellement (zones urbaines, routes) et des zones à faible coefficient de ruissellement (prairies, marais, champs etc.).

En possession du coefficient de concentration, on peut arriver à déterminer la durée à prendre en considération, connaissant ce coefficient et l'intensité de la pluie.

Le coefficient de ruissellement reste constant; il peut toutefois varier lors des pluies de longue durée. Dans le cas d'une prairie par exemple après une pluie assez longue, si le sol se gorge d'eau lors de la pluie suivante, le coefficient de ruissellement va brusquement changer de valeur et pourra atteindre 0,5 au lieu de 0,05. Dans ce cas, le diagramme donnant le débit en fonction du temps prend des allures différentes: la droite décroissance devient une ligne brisée à pente plus faible.

5.2.6. Un dernier coefficient est à introduire dans l'étude. Il concerne une inégale répartition des pluies.

5.3. Caractéristiques de pompes

5.3.1. Il faut s'en tenir à un seul type de pompe et à un seul fournisseur et prévoir entre les stations de pompage des câbles de signalisation comportant un très grand nombre de brins. Un voyant acoustique et lumineux doit être installé pour signaler la moindre défaillance.

5.3.2. Pour la détermination du bassin tampon et la capacité des pompes, on doit tracer la courbe la plus défavorable donnant le débit à évacuer en fonction du temps. Pour les pompes, on a un diagramme en escalier et il faut égaler les deux surfaces. La partie supérieure (la crête) donne le volume du bassin tampon.

5.4. Visite des installations

Nous avons l'occasion de visiter les stations de démergement de Jemappes, Cuesmes, et de Saint-Ghislain. Nous avons constaté de très grandes dimensions de ces stations pour les cubes d'eau à évacuer. Le rapport spécifique de nos projets (débit à évacuer)

est certainement meilleur que ce volume du bâtiment

lui de n'importe laquelle de ces trois stations. A Saint-Ghislain, on a installé un système avec grilles et broyeurs avant le pompage des eaux. Ceci est une indication fort intéressante.

5.5. Conclusions

1. Le problème à résoudre dans la vallée de la Haine est différent de celui qui concerne les régions poldériennes.

2. La conception utilisée pour le dimensionnement des stations de pompage est différente de la méthode que nous avons suivie. Nous avons effectué en effet des mesures in situ ce qui nous a permis notamment de déterminer avec précision le débit annuel moyen et la consommation qui en résulte. Par contre, nous nous inspirerons des indications reçues pour calculer le débit maximum à évacuer. On va analyser les données de l'Institut Météorologique. Pour la réalisation, on retiendra la possibilité d'utiliser un

système de voyant. De plus, on placera probablement un système de grilles et broyeurs avant pompage des eaux.

On peut synthétiser tous les différents éléments dans les considérations suivantes.

1. LIEGE

Il s'agit d'un problème de démergement d'une région urbaine sujette à des affaissements miniers. Il faut surtout évacuer les eaux polluées et les eaux d'égouts ainsi que les eaux de pluie tombant sur les voiries. Le problème est assez différent du nôtre. Nous avons pu toutefois examiner les dimensions des stations de pompage, leur mode de fonctionnement, la sécurité indispensable des installations électriques et mécaniques.

2. HOLLANDE

On a pu aborder le problème des débits, à prendre en considération lors de pompage; les frais d'exploitation et l'importante question de rabattement du plan d'eau lors du fonctionnement des pompes. En outre, on a insisté sur la nécessité de profiler convenablement les chambres sous les pompes.

3. ANVERS

Le problème n'est pas identique au nôtre parce qu'il s'agit essentiellement d'une rivière de caractéristiques connues et modestes, mais aussi et surtout d'un collecteur d'égouts.

4. ALLEMAGNE

Le problème est celui d'une région industrielle soumise à des affaissements miniers. Il s'agit sur une grande surface de relever les eaux des égouts et canalisations qui ont été progressivement enfouies par les tassements miniers.

5. MONS

De même, il s'agit de démerger de nombreux hectares en bordure de la Haine qui se sont progressivement affaissés à cause de la présence des galeries de travaux miniers.

IV. CONCLUSIONS

Le problème posé par la césure de la rivière Vliet et des ruisseaux Appeldonkbeek et Zielbeek par le nouvel embranchement du canal maritime de Bruxelles avait ces caractéristiques originales, que nous n'avons pas retrouvées ailleurs:

1. Le débouché naturel de ces cours d'eau importants est remplacé par des stations de pompage, en sorte que celles-ci doivent assurer à la fois le démergement de 4.000 ha de polders et l'évacuation du débit propre des rivières.

2. L'étude hydrographique de cours d'eau était rendue très ardue par le fait que leur écoulement est sujet à la marée: pour la mesure des débits cela implique en effet de situer les portes de mesure en dehors de la zone atteinte par le reflux de la marée et de faire des extrapolations sur l'entièreté du bassin hydrographique.

Les mesures effectuées in situ nous ont permis de déterminer:

- a) les débits des rivières: débits maxima, annuels, moyens mensuels;
- b) les caractéristiques des pompes à choisir;
- c) les conditions d'utilisation de ces pompes;
- d) les sections des tuyaux d'évacuation vers le canal ou le Rupel;
- e) les valeurs des bassins tampons;
- f) le recalibrage des rivières.

Les adjudications pour les bâtiments et la fourniture des pompes terminées, les travaux ont débuté depuis le début du mois d'avril 1968.