L'ALIMENTATION EN EAU DES ZONES INDUSTRIELLES DE PORT-JÉRÔME ET DU HAVRE

par **B. CATOIRE**

Ingénieur des Ponts et Chaussées
Secrétaire Général du Comité Technique de l'Eau
de Haute-Normandie

et **J. LECORNU**

Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Chef de l'Arrondissement du Havre

1. — Origine du projet

1.1 Problèmes posés par les pompages importants à Port-Jérôme (fig. 1).

Aux deux raffineries Esso-Standard et Mobil-Oil, créées en bordure de Seine à Port-Jérôme (commune de Notre-Dame-de-Gravenchon) en 1932 et 1933 sont venues s'adjoindre, en 1958 et 1962, une demi-douzaine d'industries dérivées du pétrole.

Ce développement a entraîné un accroissement important des besoins en eau qui passaient de 3 500 m³/h en 1955 à 7 500 m³/h en 1962. Les prévisions d'extension de la zone industrielle permettaient de supposer qu'ils atteindraient 10 000 m³/h dans quelques années.

Pour satisfaire à ces besoins les industriels disposaient, à proximité immédiate, de trois sources d'alimentation :

- la nappe souterraine;
- la rivière du Commerce dont le débit moyen en confluence avec la Seine est de 1 250 l/s, le débit d'étiage pouvant descendre, pendant de longues périodes, à 300 l/s;
- la Seine, dans la partie amont de l'estuaire, dont les eaux sont plus ou moins mélangées de sels marins selon le rythme des marées et les débits de la Seine elle-même.

Parmi ces ressources la quasi totalité du débit exploitable de la rivière du Commerce était déjà prélevée par la raffinerie Esso-Standard.

La raffinerie Mobil-Oil seule utilisait, moyennant certaines précautions et traitements, l'eau saumâtre de la Seine pour le refroidissement de sa centrale thermique, sa vapeur haute pression et divers usages.

Tous les autres industriels, y compris la raffinerie Esso-Standard, puisaient dans la nappe souterraine le complément des eaux nécessaire. Ces besoins passèrent de 1 000 m³/h en 1953 à 3 000 m³/h en 1959 et dépassaient 4 000 m³/h en 1962.

Cet accroissement des besoins, ainsi que les conditions hydrologiques défavorables des années 1961-1962, provoquèrent une baisse notable du niveau des forages et une augmentation très nette de la salinité de l'eau dans les zones les plus proches de la Seine.

Un premier bilan des besoins et des ressources établi par le Service des Ponts et Chaussées de la Seine-Maritime, en 1961, permettait de conclure que la limitation des débits exploitables et la baisse de la qualité des eaux pompées créaient une gêne non seulement pour l'installation de nouvelles usines, mais également pour le développement et même le maintien des usines implantées.

Sur l'initiative du Syndicat mixte pour le Développement industriel de Port-Jérôme, fut constituée une Société civile d'études de l'alimentation en eau de la région industrielle de Port-Jérôme.

A la base de toute décision il était nécessaire de posséder une information aussi précise que possible sur :

- les besoins en eau actuels et futurs des industriels d'une part;
- les ressources en eau disponibles de la région d'autre part.

A ces fins, la Société confia au Bureau d'études de Géologie appliquée et d'Hydrologie souterraine (BURGEAP) :

- l'inventaire précis des besoins en eau de la zone industrielle et l'étude du système d'alimentation;
- la reconnaissance hydrogéologique de la région intéressant la zone de Port-Jérôme et l'étude des ressources en eau utilisables et des solutions à envisager.

1.2 Etudes du BURGEAP.

Le BURGEAP, en même temps qu'il faisait une reconnaissance géologique et hydrogéologique de toute la région voisine de Port-Jérôme nécessaire à l'établissement des ressources, recensait toutes les consommations d'eau des industriels en les classant par catégories (eau potable, eau de fabrication, vapeur pour haute et basse pression, etc.) et suivant leur provenance (nappe souterraine, rivière du Commerce, Seine). Il essayait également d'établir les besoins futurs.

Le résultat de ces études fut le suivant :

1.2.1 CONSOMMATIONS.

En 1962 elles s'établissaient comme suit :

— eau souterraine...	4 163 m ³ /h	soit	100 000 m ³ /j
— eau de la rivière du Commerce...	1 695 m ³ /h	soit	40 700 m ³ /j
— eau de Seine...	1 630 m ³ /h	soit	39 200 m ³ /j
TOTAL. . .	7 488 m³/h	soit	179 900 m³/j

Parmi les eaux souterraines :

- 650 m³/h étaient des eaux saumâtres de salinité supérieure à 300 mg/l de chlorure de sodium provenant de puits situés à une distance de la Seine inférieure à 1 500 m;
- 810 m³/h étaient des eaux douces mais renfermant cependant entre 100 et 300 mg/l de chlorure de sodium.

L'étude des économies possibles et des besoins futurs tenant compte de l'implantation de nouvelles industries conduisait à prévoir que les consommations pourraient atteindre à terme 10 500 m³/h, soit 250 000 m³/j.

1.2.2 RECONNAISSANCE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE.

1.2.2.1 Géologie.

Les formations géologiques de la région sont bien connues (fig. 2).

Ce sont les suivantes :

La craie qui constitue le principal niveau géologique et hydrogéologique avec ses trois étages :

- sénonien;
- turonien;
- céno-manien (la base de celui-ci étant constituée de sables fins glauconieux verts et noirs).

Elle atteint une épaisseur maximale de 200 m.

Le crétacé inférieur dont les argiles grises ou noires du Gault constituent le mur de la nappe de la craie.

Le Jurassique qui forme, avec le kimméridgien constitué d'argiles gris bleu, le substratum général de la région.

Sur les plateaux la craie est recouverte, sur des épaisseurs relativement faibles, du limon des plateaux (argiles à silex) légèrement perméable.

La Seine a entaillé la craie jusqu'au turonien ou au céno-manien et déposé dans sa vallée des alluvions sur une épaisseur de 20 à 25 m. Leur partie supérieure est formée de sables généralement fins avec des intercalations de lentilles de vase et d'argile; on rencontre à leur base des galets de silex et des sables souvent grossiers.

1.2.2.2 Hydrogéologie (fig. 3) (carte hydrogéologique au 1/100 000°).

Le régime des eaux superficielles et souterraines de la région, et en particulier le régime de la nappe alluviale de la Seine, est commandé au moins en partie par des circulations aquifères dans la craie.

Cette circulation se fait à travers un réseau de microfissures assez régulièrement réparties dans la masse d'une part, et d'un réseau karstique d'autre part.

L'épaisseur de fissuration, qui ne paraît pas dépasser 50 m, est beaucoup plus développée dans le thalweg que sous les plateaux.

Le ruissellement dans les vallées comme sur le plateau est pratiquement inexistant et ne se manifeste que lors de pluies très violentes.

Le réseau hydrographique est alimenté par des émergences visibles ou par des émergences diffuses ou occultes qui débitent dans les alluvions des vallées.

Le débit visible moyen pour l'ensemble des ruisseaux est d'environ 2 200 l/s alors que le débit théorique serait de 2 530 l/s. Le débit d'étiage serait, comme pour l'ensemble des rivières de Haute-Normandie sensiblement la moitié, soit 1 000 à 1 200 l/s.

Le débit de la nappe de la craie des plateaux, qui n'est pas capté par les rivières, s'infiltre dans les alluvions de la vallée de la Seine, et rejoint la nappe du Turonien sous-jacente pour ne former qu'une seule nappe en communication plus ou moins avec la Seine elle-même. L'implantation d'un réseau de piézomètres et des analyses d'eau ont permis de dresser en 1962 la figure 4 qui montre, par les courbes phréatiques, la dépression de plus de 4 m de la nappe, et par les lignes d'égale minéralisation, la pénétration des eaux salines provoquées par les pompages.

Cette situation déjà très inquiétante pouvait encore être aggravée par la mise en fonctionnement intensive des captages de la ville du Havre à Radicatel, dans une des zones d'alimentation principale de la nappe étudiée. Il était donc urgent, si l'on ne voulait pas que la contamination saline s'étende, d'adapter l'exploitation de cette nappe à ses possibilités.

Un complément d'étude, réalisé en 1966 après des relevés systématiques pendant quatre ans de la piézométrie de la nappe, permet d'évaluer ses possibilités de recharge moyenne à 100 000 m³/j, c'est-à-dire une valeur sensiblement égale au montant des prélèvements journaliers.

Le développement industriel de la région et même la sécurité de l'alimentation en eau potable de la ville du Havre exigeaient que de nouvelles ressources en eau soient trouvées à faible échéance.

1.3 Solutions possibles.

Les solutions envisageables devaient permettre de satisfaire aux besoins complémentaires futurs.

Nous avons vu précédemment que les besoins de l'époque s'élevaient à 180 000 m³/j dont 100 000 m³ provenaient de la nappe phréatique et qu'il fallait prévoir une consommation de 250 000 m³/j.

Nous avons vu également que les prélèvements dans la nappe ne pouvaient croître sous peine de détériorer un peu plus la qualité des eaux par des apports salins. Il fallait donc orienter les recherches vers les eaux de surface.

Les ruisseaux voisins étaient déjà très sollicités. Il ne restait comme possibilité que d'aller capter des ruisseaux éloignés tels ceux des environs de Caudebec situés à plus de 15 km, ou d'utiliser l'eau de Seine.

Les ruisseaux de la région de Caudebec : l'Ambion et la Rançon, dont le débit exploitable est de l'ordre de 80 000 à 100 000 m³/j, pouvaient couvrir l'accroissement des besoins prévisibles pour quelques années, mais ne permettaient pas d'envisager une extension industrielle ultérieure, vers Le Havre par exemple.

Il aurait été, de plus, regrettable d'utiliser à des fins industrielles des eaux de très bonne qualité pouvant satisfaire à l'alimentation humaine.

La seule ressource envisageable, raisonnablement, restait donc l'eau de Seine.

L'expérience de Mobil-Oil montrait que, pour assurer un approvisionnement de plus de 100 000 m³/j d'eau douce, il ne pouvait être envisagé d'installer une prise d'eau à proximité et qu'il fallait rechercher en amont le point où la pénétration de la salinité perturberait le moins possible la qualité de l'eau livrée.

1.4 Recherche d'un lieu de prise d'eau satisfaisant.

La tradition situait à Aizier la limite des eaux saumâtres; cependant des mesures faites à Caudebec le 25 septembre 1961 avaient permis de noter les minéralisations comprises entre 90 et 100 mg/l ClNa au moment de la basse mer et de 400 mg/l à la marée haute. Il faut préciser que le coefficient de marée était de 110 et le débit de Seine à Poses inférieur à 100 m³/s.

Avant de choisir un lieu d'implantation pour une prise d'eau, une campagne de mesures entre Quillebeuf et Villequier était nécessaire. Elle fut entreprise dès 1962 et dura plus d'une année.

Cette campagne bénéficia de débits de Seine relativement faibles même pendant l'hiver, et de coefficients de marées élevés qui placèrent l'expérience dans des conditions suffisamment défavorables à la salinité pour admettre que les résultats en seraient très rarement dépassés.

En effet, l'étude de la fréquence des marées montre que la proportion annuelle de marée de vives eaux de coefficients supérieurs à 100 oscille entre 5 et 10 %, et pour les marées de grande vive eau de coefficient supérieur ou égal à 110 la proportion n'oscille plus qu'entre 0 et 3 ou 4 %.

Quant aux débits de Seine étudiés pour Poses sur une période de 20 ans (1946-1966) leur courbe des débits classés montre que la proportion des débits inférieurs à 160 m³/s est de 15 %, celle des débits inférieurs à 200 m³/s, 30 %. Comme les faibles débits de Seine ont quasiment toujours lieu en été et automne, seule la moitié des vives eaux pourra entrer en concordance avec les débits d'étiage et, comme il y a approximativement 2 marées par jour, c'est donc moins de 2,5 % de journées à coefficients de marées supérieurs à 100 et environ 1 % de journées à ma-

rées de coefficients supérieurs à 110 qui auront lieu pendant les débits d'étiage.

Le pourcentage de journées où la conjonction des débits de Seine et des coefficients de marées sera particulièrement défavorable pour la salinité sera donc très faible.

Les mesures faites au cours de la reconnaissance qui porta à la fois sur un point de référence situé à Quillebeuf et sur différents points entre Quillebeuf et Villequier, avec des prélèvements à mi-hauteur d'eau et en surface pendant des marées complètes, ont permis de dresser les graphiques de synthèse des figures 5 et 6.

Le graphique de la figure 5 représente la variation de la salinité maximum exprimée en chlore le long de la Seine entre Quillebeuf P.K. 332,000 et Villequier P.K. 313,350.

Pour quelques courbes les prélèvements ont été faits près du fond de la rivière (à environ 1 m) mais pour la plupart ils ont été effectués à mi-hauteur. Huit des courbes représentées concernent des coefficients de vive-eau et même de grande vive-eau. Une seule a un coefficient 90 un peu éloigné de la vive-eau.

Il est clair, sur ce graphique, que l'importance des débits de la Seine et celle des coefficients de marée ont des conséquences inverses. A coefficient sensiblement égal la salinité est plus faible par fort débit (courbes des 2-11-1963 et 25-4-1963). Inversement à débit sensiblement égal à un fort coefficient correspond une forte salinité (courbes des 22-7-1963 et 15-9-1962). La salinité est également un peu plus élevée au fond qu'au milieu (courbes des 22-2-1963 et 17-8-1962). La courbe de salinité maximum a été obtenue le 6 octobre 1964 pour une marée de coefficient 99 avec un débit de Seine très faible depuis plus d'un mois.

Lorsque les débits dépassent 300 m³/s, la salinité devient faible même pour des forts coefficients. Elle décroît très ra-

5/ Salinité des eaux de l'Estuaire de la Seine à l'amont de Quillebeuf, Port-Jérôme exprimée en chlore des chlorures.

6/ Salinité des eaux de l'Estuaire de la Seine. Variation pendant une marée.

pidement en amont de Quillebeuf, cependant il faut remonter jusqu'à Villequier pour que la salinité maximum exprimée en Cl ne dépasse pas 260 mg/l soit 430 mg NaCl.

La figure 6 montre deux exemples de la variation de la salinité pendant une marée aux points kilométriques 313,350 et 318,000 pour des coefficients de grande vive-eau et des débits de Seine de 160 m³/s et 300 m³/s. On y constate quatre faits essentiels :

- la durée de l'invasion saline, dans des conditions très défavorables, est limitée à quelques heures, 4 à 5 h au maximum à Villequier (P.K. 313,350);
- dès que le débit atteint 300 m³/s la salinité ne se fait pratiquement plus sentir à Villequier mais reste encore sensible au P.K. 318,000 pendant 3 h;
- la salinité est la même en surface et à mi-hauteur d'eau à Villequier mais au P.K. 318,000 elle est nettement plus faible en surface;
- le maximum de salinité a lieu en fin de pleine mer juste avant la renverse du courant.

Ces constatations permettaient de fixer la position de la prise d'eau en fonction des conditions de salinité admissibles.

La salinité admissible exprimée en NaCl fut fixée à 200 mg par litre d'eau. Cette condition était facile à satisfaire à Villequier sous réserve de quelques restrictions de pompage pendant quelques heures de pleine mer d'un petit nombre de fortes marées.

En amont de Villequier les terrains disponibles étaient de faible superficie et il fallait se rapprocher le plus possible de Port-Jérôme pour réduire les dépenses de canalisation. Par contre, en aval, existait un terrain particulièrement favorable au point kilométrique 316,280. Les courbes de salinité montrent qu'en ce point la teneur maximale en chlore n'atteint qu'exceptionnellement la valeur de 1 000 et 500 pour une fréquence de 1 % seulement. Cette valeur n'apparaissait bien entendu que pendant un très court moment à pleine mer. Moyennant l'interruption des pompes pendant 2 ou 3 h pendant les pleines mers de vives-eaux et de faible étiage de Seine, il était possible de retenir ce lieu pour l'implantation d'une prise d'eau.

Il restait à étudier le traitement devant être appliqué à ces eaux pour leur donner une qualité industrielle. La turbidité des eaux du fleuve est très variable, elle dépend des vitesses du courant, donc des coefficients de marées et des débits de la Seine, mais également des turbulences. Les mesures faites au cours de la reconnaissance montrèrent que la turbidité, ou plus exactement la quantité de matières solides en suspension, décroissait de l'aval vers l'amont, qu'elle variait parfois très rapidement mais qu'entre les P.K. 313,350 et 318,000 il y avait très peu de différence.

Les valeurs extrêmes, mesurées en ces points, ont été les suivantes :

	A MI-HAUTEUR		A 0,50 m SOUS LA SURFACE	
	max.	min.	max.	min.
	g/l	g/l	g/l	g/l
P.K. 313,350.	1,30	0,10	0,65	0,15
P.K. 318,000.	2,60	0,12	0,75	0,02

La valeur moyenne est de 0,200 g à 0,300 g en vive-eau et d'environ 0,100 g en morte-eau.

Ces quelques valeurs montrent qu'il y a tout intérêt à

effectuer les prélèvements d'eau aussi près que possible de la surface mais de plus qu'il est nécessaire de retirer une grande partie des matières en suspension pour rendre l'eau de qualité industrielle. Il était en effet exigé qu'elle n'en contienne pas plus de 50 mg/l.

Il y avait également d'autres problèmes inquiétants tels que les possibilités d'entartrage et de développement d'algues, dans les conduites.

Pour résoudre ces problèmes et choisir le mode de traitement le plus efficace et le plus économique, un appel d'offres aux entreprises de traitement des eaux a été lancé en 1954 pour installer à Villequier une unité pilote de pompage et traitement d'eau de Seine. Trois entreprises ayant offert des conditions intéressantes pour essayer des traitements différents, un accord fut conclu qui les autorisait à essayer leurs procédés à partir d'un pompage unique. L'expérience dura près d'une année en 1965 et aboutit à la conclusion qu'il était parfaitement possible d'obtenir une eau de très bonne qualité industrielle.

Après concours établi sur la base d'une prévision de consommation de 120 000 m³/j (avec variante à 100 000 et 75 000 m³/j) la solution retenue par le Syndicat fut celle présentée par la Société Degremont. Elle comportait :

- préchloration de l'eau brute 0,5 à 1 mg/l en vue de réduire les algues à l'état de matières en suspension;
- floculation au sulfate d'alumine avec comme adjuvant la silice activée et décantation dans les appareils de type Pulsator;
- filtration rapide sur filtres à sable;
- stérilisation par chloration.

Il s'agit donc d'un traitement complet tout à fait analogue au traitement qu'on mettrait en œuvre si l'on voulait obtenir de l'eau potable à partir de l'eau de Seine.

L'eau produite aura les caractéristiques minimales suivantes :

- matières en suspension : teneur inférieure à 1 mg/l;
- turbidité : inférieure à 15 gouttes de mastic;
- couleur : valeur inférieure à 5 unités de platine;
- réduction des matières organiques : 45 %;
- réduction du plancton : 85 %;
- alumine résiduelle : négligeable;
- chlore résiduel : 0,4 ppm.

Le fonctionnement de la station pourra être organisé de façon à éviter que la teneur en chlorures de l'eau soit supérieure à 50 mg/l.

1.5 Alimentation des utilisateurs.

La question qui se posait alors était de savoir quels seraient le lieu définitif de pompage et le mode de distribution de l'eau.

Le lieu de pompage fut définitivement fixé au P.K. 316,280 en aval de Villequier, en tenant compte principalement des difficultés qu'il y aurait à passer de grosses canalisations à travers Villequier et de l'augmentation de la dépense que cela entraînerait.

Quant au mode de distribution, on hésita à l'époque entre la distribution par tuyaux jusqu'à l'utilisateur et la réinjection dans la nappe par un certain nombre de puits judicieusement répartis, les industriels prélevant directement dans la nappe les quantités d'eau dont ils auraient besoin.

Finalement, cette solution qui, à première vue, pouvait paraître séduisante, ne fut pas retenue pour les raisons suivantes :

- l'injection dans la nappe présentait des aléas techniques

7/ Carte générale de l'aménagement.

découlant de l'ignorance de la perméabilité des alluvions de consistance très hétérogène et des pressions d'injection nécessaires. Un essai en vraie grandeur aurait seul permis d'obtenir ces renseignements, encore qu'ils n'auraient été valables que pour la zone d'influence du forage d'essai;

- le traitement de l'eau aurait dû vraisemblablement être plus poussé pour éviter le colmatage de la roche réservoir;
- une comparaison du prix de vente de l'eau injectée dans la nappe et du prix de l'eau distribuée normalement jusqu'aux utilisateurs par tuyauterie était sensiblement la même mais il fallait ajouter au prix de l'eau injectée la dépense correspondant au pompage dans la nappe par les utilisateurs, ce qui ne la rendait plus concurrentielle;
- il paraissait extrêmement difficile de trouver un mode de facturation du prix de l'eau injectée qui soit accepté par toutes les parties prenantes.

Enfin, il convient d'observer que cette solution n'aurait permis de résoudre que les problèmes d'alimentation de la zone de Port-Jérôme. Pour l'alimentation du Havre, en toute hypothèse, le transfert de l'eau traitée par des conduites était nécessaire.

2. — Les ouvrages

L'installation comporte (fig. 7) :

1. Une prise d'eau en Seine;
2. Une usine de traitement (deux tranches de 50 000 m³/j);
3. Un relèvement avec conduite de refoulement dans un bassin de stockage;
4. Un réservoir de stockage (50 000 m³ en première phase);
5. Une canalisation de distribution.

Les caractéristiques techniques principales de ces divers éléments sont répertoriées ci-dessous.

2.1 La prise d'eau en Seine.

La prise d'eau en Seine est montée sur une estacade s'avancant dans le lit du fleuve. Elle est protégée à l'amont

et à l'aval par des défenses constituées de pieux battus qui doivent éviter les chocs éventuels.

Cette prise d'eau comprend trois crépines flottantes à bras articulés pour capter les eaux à environ 1 m de surface. Ces crépines sont mobiles et équilibrées de façon à suivre, par leurs mouvements, le flux et le reflux des marées.

Une prise d'eau de secours (prise de fond) est également prévue. Elle doit permettre, en cas d'accident, de capter les eaux dans la Seine.

L'estacade supporte également la canalisation de rejet des excédents des boues de traitement dont la reprise est évitée quel que soit le sens du courant.

Les eaux brutes sont amenées, par un tuyau de grand diamètre fonctionnant en siphon, dans une chambre de dégrossissage et de pompage constituée par un caisson havé (diamètre 7 m, profondeur 9,75 m). Les eaux y sont alors dégrillées et reprises par trois pompes hélico-centrifuges qui les relèvent sur l'usine de traitement (hauteur manométrique 14 m).

2.2 L'usine de traitement.

Cette usine comporte deux tranches de 50 000 m³/j. Chaque tranche comprend un floculateur-décanteur de type Pulsator (Degremont) de grande surface (731,60 m², hauteur d'eau 4 m).

Les eaux brutes sont additionnées de réactifs, à savoir :

- chlore (stockage prévu 1 t) (dosage moyen 1 g/m³);
- sulfate d'alumine (stockage prévu 35 m³) (dosage moyen 30 à 50 g/m³);
- silice activée de 0,5 à 2 g/m³ fabriquée à partir de silicate de soude (stockage 20 m³) et d'acide sulfurique (stockage 4 m³).

Comme dans les appareils du type Pulsator les eaux brutes chargées de réactifs traversent un lit de boue dont les excédents sont purgés automatiquement. Les séquences de percolation à travers le lit de boue et de décantation sont déterminées automatiquement par la montée de l'eau dans la cloche du Pulsator.

Après clarification dans le décanteur Pulsator l'eau est envoyée sur une batterie filtrante de trois filtres doubles par tranche (surface totale 186,75 m² du type Degremont Aquazur V). La filtration est assurée par un lit de 0,85 m

de silice filtrante de granulométrie homogène. L'ensemble est drainé par des buselures garnissant le plancher du filtre. Le nettoyage des filtres est assuré par de l'air comprimé et de l'eau envoyés à contre-courant dans le fond des filtres par les buselures. L'eau traitée est stockée dans une citerne (dimensions 26,90 m × 8,48 × 2,20). Elle subit une chloration complémentaire de manière à assurer une teneur en chlore de 0,4 ppm à la sortie.

2.3 Le relèvement des eaux.

L'usine était à la cote + 4,70 NGF environ, les eaux sont relevées par 2 + 1 groupes électro-pompes de forte puissance à la cote des réservoirs (cote maximale 50,50). Chacune des pompes, d'une hauteur manométrique de 70 m, a un débit unitaire de 2 500 m³/h (puissance sur l'arbre 555 kW).

Un dispositif anti-bélier est incorporé à la station de refoulement.

La pression d'essai est de 10 bars.

La canalisation a une longueur de 6,300 km. Son diamètre est de 1 m. Elle est en tuyaux Bonna à joints souples, sauf dans les coudes où la poussée au vide est partiellement reprise par des soudures.

La puissance électrique globale est de 3 000 kVA en 15 kV.

2.4 Le réservoir de stockage.

Les eaux traitées sont refoulées sur un réservoir de 1 000 m³ qui servira de répartiteur lorsque les deux réservoirs de 50 000 m³, dont l'une est construite en première phase, seront en service. D'autre part ce réservoir de 1 000 m³ constituera une réserve tampon pour le fonctionnement de l'adduction qui est possible en réalisant le by-pass du réservoir principal. Ce dernier, à ciel ouvert, a un volume de 50 000 m³; sa surface est de 1 ha pour une hauteur de marnage de 5 m. La revanche de l'ouvrage est de 1 m. Sa forme est sensiblement carrée. La cuvette réalisée a été obtenue en équilibrant sensiblement déblais et remblais avec des pentes de 2/1 (amont et, le cas échéant, aval). La largeur en crête de la digue est de 5 m. Le matériau qui la constitue provient des déblais, c'est un mélange de sable et d'argile comprenant quelques inclusions de silex.

L'étanchéité de cet ouvrage est réalisée par une couche de caoutchouc synthétique butyl dont les éléments ont été vulcanisés à chaud. Le butyl repose en fond de réservoir sur un lit de sable. Sur les pentes une toile synthétique Bidim est interposée entre le butyl et le matériau de la digue.

Le drainage de l'ouvrage est assuré d'une part par un drain ceinturant intérieurement complètement le réservoir en pied de talus, et d'autre part par des drains placés tous les 20 m et traversant la partie formant digue. Une détection automatique des fuites possibles sera mise en place.

Les ouvrages d'arrivée (brise charge) et de prise (deux départs en Ø 1 000) sont en béton. Le raccordement de l'étanchéité en butyl au béton est assuré par des couvre-joints vissés.

Le talus aval de la digue sera engazonné.

Une canalisation d'eau de lavage est incorporée à la crête de l'ouvrage, l'eau sous pression étant obtenue en puisant, par une pompe auxiliaire, l'eau dans la bêche tampon. Cette canalisation doit permettre de procéder au lavage du réservoir, si un développement d'algues notamment était constaté et nécessitait un traitement au sulfate de cuivre.

2.5 Canalisation de distribution.

La conduite de distribution a une longueur totale de 9,500 km, dont 3 k en Ø 1 000 et 6,500 km en Ø 900.

Elle est réalisée, comme la conduite de refoulement, en tuyaux Bonna.

Elle distribue les eaux aux industriels de la zone industrielle de Port-Jérôme, Lillebonne, et également à l'usine de Radicatel appartenant à la Ville du Havre. Les eaux industrielles sont reprises par pompage, stockées (deux réservoirs de 50 000 m³) et envoyées par une conduite de distribution en acier (Ø 900) complémentaire sur le réseau de la zone industrielle du Havre.

La pression d'essai est de 8 bars.

La conduite de distribution dans la zone industrielle de Port-Jérôme comprend plusieurs piquages.

Le maître de l'ouvrage de l'opération est le Syndicat Mixte pour le Développement Industriel de Port-Jérôme.

Ce Syndicat regroupe : les Villes de Lillebonne, Bolbec, Notre-Dame-de-Gravenchon, Saint-Jean-de-Folleville, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Bolbec, le Port Autonome de Rouen, le Département de la Seine-Maritime.

Le Maître de l'œuvre est la Direction Départementale de l'Équipement de la Seine-Maritime.

Les Entreprises qui ont conçu, pour les parties jugées sur concours, et exécuté les travaux sont les suivantes :

- Prise d'eau, usine de traitement et de refoulement. } Société Degremont; début des travaux mai 1970.
- Lots de canalisations (refoulement et distribution) } Groupement S.A.D.E. et Société Eau et Assainissement (S.O.C.-E.A.); début des travaux juillet 1970.
- Ouvrages de stockage. } Groupe Tinel — S.O.C.E.A.; début des travaux juillet 1971.
- Étanchéité au butyl. } Société Fipec; début des travaux 15 septembre 1971.

La mise en service des installations est prévue pour le début de l'année 1972.

3. — Dispositions économiques

3.1 Tarification.

Compte tenu du vif intérêt que présente la régularité de la consommation, compte tenu également de la croissance prévisible de cette consommation et de la saturation des installations de production et d'adduction qui en résultera, le Syndicat Mixte a mis au point une tarification qui doit inciter les industriels à régulariser au maximum, dans le temps, leur consommation. Ceci implique donc, outre la mesure des quantités consommées, une mesure précise des débits. Le prix de l'eau comportera donc deux parts :

- l'une, souscrite par abonnement, devra rémunérer les parties fixes du coût de production; elle sera assise sur le débit souscrit;
- l'autre sera proportionnelle aux quantités réellement consommées. Son prix correspondra au coût marginal du traitement de l'eau de Seine.

1/

4/

2/

5/

3/

6/

Photos

1/Chantier de prise d'eau en Seine à Norville.

2/Vue générale du décanteur de l'usine de traitement.

3/Vue générale du chantier des filtres.

4/Décanteur. Détail d'arrivée des eaux brutes.

5/Groupe de pompage.

6/Chantier de pose des conduites.

7/Réservoir de stockage. Ouvrage de chute.

7/

Une surtaxe devra grever le prix de l'eau consommée dans le cas du dépassement du débit souscrit.

Ces dispositions tarifaires doivent assurer une régularisation de la demande et permettre de charger au maximum le réseau actuel.

Globalement, et sous réserve de modulations dues à l'importance des consommations, le montant hors taxes du prix de l'eau traitée et distribuée par le Syndicat de Port-Jérôme est, sur les bases économiques actuelles, 0,10 F le mètre-cube.

3.2 Evolution des consommations.

Les perspectives de consommation de l'eau en provenance des installations sont actuellement, à court terme, les suivantes :

	MINIMUM	MAXIMUM	DONT VILLE DU HAVRE
1972	56 000 m ³ /j	76 100 m ³ /j	15 000 m ³ /j
1973	86 700 m ³ /j	114 100 m ³ /j	30 000 m ³ /j
1974	113 400 m ³ /j	148 000 m ³ /j	50 000 m ³ /j
1975	156 600 m ³ /j	197 600 m ³ /j	60 000 m ³ /j

Ces perspectives montrent que, avant la fin du VI^e Plan, des compléments de ressources devront être trouvés. Elles supposent toutefois que l'eau industrielle en provenance de la Seine se substituera très largement aux diverses ressources actuellement exploitées (eau des nappes, rivière du Commerce). Si la régularisation de la demande dans le temps, qui doit être obtenue par une tarification appropriée dont il a été question précédemment, est suffisante, les installations complémentaires à mettre en œuvre pour faire face à la croissance de la consommation devront intéresser l'usine de traitement et le refoulement.

3.3 Financement.

La dépense globale est estimée à 24,207 millions de francs.

Le Syndicat mixte pour le développement industriel de Port-Jérôme bénéficie d'une subvention de l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie au taux de 45 % de la dépense prévue. Le solde est financé par des emprunts auprès de la Caisse des Dépôts et Consignations (30 ans — 8,26 % d'annuité, remboursement et intérêts compris).

La charge de capital et les frais fixes grevant le prix de l'eau représentent environ les 2/3 du prix de production, le solde étant affecté aux dépenses nécessitées par le traitement de l'eau.

Conclusion

Les difficultés ressenties par les industriels de Port-Jérôme ont été à l'origine du projet de l'adduction d'eau industrielle. Les ressources locales paraissent en effet complètement épuisées et le développement de l'industrialisation était en cause. Pour éviter de surexploiter les nappes phréatiques, la solution retenue a été de satisfaire les besoins ressentis par le traitement et la distribution de l'eau de Seine.

Ce parti est aujourd'hui d'autant plus heureux que la zone industrielle du Havre, située à l'aval, est également potentiellement une très grande consommatrice d'eau (besoins 1985 : 250 000 m³/j environ). Or, en rive droite de la Seine les ressources en eau sont limitées et les besoins en alimentation en eau potable exigeront certainement des captages lointains et coûteux (adduction d'Yport, voire de la région de Fécamp). Le traitement de l'eau de Seine doit donc permettre, pourvu que la qualité de cette eau demeure suffisante, notamment du point de vue chimique, de satisfaire les besoins de l'industrialisation.

Dans ces conditions, le doublement des installations réalisées paraît probable à court terme.

Il convient enfin de signaler que la solution adoptée fait école puisque à l'amont de Rouen, une opération du même genre est actuellement envisagée.

Discussion

Président : M. D. LAVAL

M. le président remercie M. LECORNU pour son intéressant exposé.

M. BANAL demande si la prise d'eau flottante a été calculée pour résister au mascaret et si, en cas de conjonction d'un débit de la Seine très faible et d'une marée exceptionnelle, il n'y aurait pas quelque incident à craindre.

M. LECORNU répond qu'en pratique, il ne se produit plus aujourd'hui d'onde à front raide ou de mascaret dans ce secteur de la Seine. Cela est dû à l'augmentation progressive des débits d'étiage du fait de la régularisation apportée par le réservoir « Seine » et bientôt par le réservoir « Marne ». On peut estimer que dans quelques années, en raison de la régularisation assurée par l'ensemble des barrages-réservoirs existant dans son bassin, le débit de la Seine descendra rarement au-dessous de 200 m³/s.

A la demande de M. BESNIER et de M. PECHERE qui estiment exceptionnellement bas le prix de revient de 10 centimes du m³ d'eau, M. LECORNU donne les précisions suivantes :

Les 2/3 de ce prix représentent les charges fixes de l'exploitation : intérêt et amortissement de la part des investissements totaux qui

n'a pas été financée par l'Agence de Bassin (soit 45 %) et frais fixes de personnel. Le troisième tiers — soit 3,5 centimes environ — représente les charges à peu près proportionnelles à la production d'eau : énergie électrique et réactifs pour l'épuration.

La facturation aux industriels ressemble à celle en usage pour l'électricité utilisée pour la force motrice en ce sens qu'elle comporte une prime fixe et un prix proportionnel. Ce dernier est voisin de 3,5 centimes tandis que la prime fixe est fixée de façon que pour l'utilisation permanente du débit souscrit, le prix de facturation moyen du m³ d'eau soit de l'ordre de 10 centimes. En cas de dépassement du débit souscrit, le prix moyen des m³ d'eau excédentaires est majoré de 100 % et atteint 20 centimes environ.

Ces ordres de grandeur ne sont valables que pour le syndicat mixte de Port-Jérôme. Pour la zone industrielle du Havre, du fait des divers investissements supplémentaires qui ont été nécessaires, le prix global de vente du m³ d'eau aux industriels est voisin de 35 centimes.

Y-a-t-il dans ce secteur des risques de pollution autres que la pollution saline, demande M. RACT-MADOUX ?

Le problème se pose, en effet, confirme M. LECORNU, et son importance varie selon l'utilisation envisagée pour l'eau.

La pollution saline de la Seine n'est pas très grave, si l'on destine l'eau à des circuits ouverts. Par contre, si l'on veut faire avec cette eau de la vapeur ou même de la recirculation, il est très important de contrôler la pollution chimique.

Actuellement, se pose pour la Seine le problème des teneurs en sulfates et en non-sulfates. On a constaté depuis cinq ans au Port autonome de Rouen, grâce à des mesures adéquates, que les pourcentages avaient augmenté. Les maxima doivent maintenant se situer aux alentours de 150 mg/l, ce n'est pas encore énorme, mais si l'on dépassait 200 mg/l ce serait de nature à remettre en cause l'intérêt pour les industriels de prendre l'eau de la Seine, à moins que, par ailleurs, on ne leur donne financièrement les moyens de traiter cette eau.

Logiquement, c'est au « pollueur chimique » de payer les sur-investissement ou les coûts d'exploitation supplémentaires qu'impliquent ces traitements.

Il est certain qu'on a assisté à une certaine dégradation : à Poses, il y a cinq ans, je crois que les teneurs en sulfate étaient de 50 mg/l. On admet que les eaux deviennent saumâtres à partir de 300 mg/l.

M. le Président désirerait connaître la durée et la forme de l'abonnement au Service des Eaux de Port-Jérôme.

Le contrat est souscrit, en principe, pour cinq ans, dit M. LECORNU, mais la prime fixe annuelle est payée d'avance par 1/12 en même temps que la redevance proportionnelle résultant des relevés de compteurs du mois écoulé.

A propos de l'utilisation d'un revêtement en butyl pour assurer l'étanchéité du bassin de Norville (capacité : 50 000 m³) soumis au phénomène de marnage, M. RACT-MADOUX voudrait savoir si des dispositifs ont été prévus pour faire face à des sous-pressions éventuelles (drainage et filtres); quel est le prix de revient au m² du revêtement y compris la mise en place des sous-couches ?

Il faut compter 500 000 F pour un hectare, précise M. LECORNU. D'autre part, il est vrai que la pose des feuilles de butyl nécessite certaines précautions surtout dans des régions de montagne où le vent peut engendrer des tourbillons et des dépressions locales. On prévoit toujours une sous-couche filtrante et drainante et l'on dispose d'un détecteur de fuites.

M. le Président s'interroge sur la sécurité d'exploitation compte tenu de la capacité du réservoir et de la puissance du pompage, en particulier en automne, quand se produisent les fortes marées qui peuvent éventuellement coïncider avec les plus faibles débits de la Seine.

Le réservoir actuel peut contenir 50 000 m³, indique M. LECORNU, mais il est prévu l'installation de deux autres réservoirs de 50 000 m³ chacun. En définitive, on compte pour Le Havre et Port-Jérôme une réserve totale de 150 000 m³, ce qui correspond à un jour et demi de production.

D'autre part, l'usine dispose d'un suréquipement lui permettant d'assurer en 20 h le pompage du volume d'eau utilisé en 24 h; on peut ainsi interrompre le pompage pendant 4 h au passage de la « bouffée » de salinité.

Abstract

Water supply to the industrial areas of Port-Jerome and the Havre

Two refineries, owned by Esso-Standard and Mobil Oil, were built by the Seine at Port-Jérôme in 1932-33. Thirty-odd years later, in 1958 and 1962, about half a dozen allied industries set up alongside and the industrial water supply problem had to be reviewed. There were three possible sources:

- (i) ground-water;
- (ii) the River Commerce with 1.25 cubic metres per second average flow into the Seine;
- (iii) the upper reaches of the Seine estuary where the water contains a variable amount of sea salt (depending on tidal phase and the discharge of the river itself).

In 1961, the Seine-Maritime River and Bridge Department, comparing requirements and resources, showed that the inadequacy of useful surface water and deterioration in quality of ground water would be a hindrance not only for building new factories but also for developing—or even maintaining—the existing ones. The only reasonable means of increasing supply, it was concluded, was to make use of Seine water.

Before settling on the Seine-water draw-off point, measurements lasting more than a year were started in 1962 between Quillebeuf and Villequier. These showed that there would only be a few days per year when low Seine flows would combine with unfavourable tidal coefficients to give high salinities.

Measurements on suspended matter showed that the water intake should be set as close to the surface as possible but that it would nevertheless be necessary, in order to obtain industrial-quality water, to remove the greater part of the suspended solids.

To select the most efficient and economical treatment process, water treatment firms were asked in 1964 to submit tenders for installing at Villequier a pilot plant to pump and treat Seine water. Tender finally selected came from the Degrémont Company, who proposed:

- (i) prechlorination of raw water to 0.5-1 ppm in order to disperse algae as suspended matter;
- (ii) flocculation with aluminium sulphate and active silica followed by a Pulsator-type settling basin;
- (iii) rapid sand filter;
- (iv) sterilisation by chlorination.

The plant includes:

- (i) Seine water intake;
- (ii) treatment plant (two 50,000 cubic-metres-per-day units);
- (iii) pumping equipment and piping up to a storage basin;
- (iv) storage reservoir (50,000 cubic metres for the first stage);
- (v) distribution piping.

Water costing, designed as an incentive to industrialists to keep their water consumption as steady as possible, runs on a dual basis:

- I. — Subscription based on a given flow of water;
- II. — Costs based on water actually used. Price per unit volume covers the cost of water treatment.

The project sprung from the difficulties encountered by factories in obtaining suitable water. Local resources seemed to be exhausted, thus holding back industrial development. To avoid pumping too much water from the aquifer, it was decided to satisfy industrial needs with treated Seine water.

Today, the choice made seems especially good since industry in the Havre lower down the river is a large potential consumer (250,000 cubic metres per day forecast for 1985) and resources on the right bank of the Seine are limited. This means that potable water will have to be brought at considerable expense from far-off Yport or even the Fécamp district. Provided the quality (especially the chemical characteristics) of treated Seine water does not deteriorate, this source should well satisfy the future needs of industry.