Laguna de Bay - Philippines

Etude de la protection et de l'utilisation des ressources en eaux

Ernest Pariset

Bureau des Experts - SOGREAH

Introduction

L'étude avait pour but la définition du programme des mesures et travaux nécessaires pour l'utilisation et la protection des ressources en eaux de Laguna de Bay. Cette étude a été faite en 1973-1974 sous la direction de la Banque Asiatique de Développement et a été financée par le Fonds spécial de développement des Nations Unies.

L'étude a couvert, au stade préfaisabilité, l'ensemble des aspects techniques et économiques, y compris la protection de l'environnement et des conditions sanitaires, sans oublier des indications sur les institutions à mettre en place pour assurer l'exécution du programme et son financement.

Laguna de Bay (figure 1) est un lac légèrement saumâtre d'environ 900 km² près de Manille, capitale des Philippines. Ce lac communique avec la mer par les rivières Napindan et Pasig qui drainent la plupart des rejets du Grand Manille (5 millions d'habitants), centre politique, commercial et industriel des Philippines. La salinité du lac qui peut temporairement atteindre 5 g/l et sa pollution croissante limitent l'utilisation de l'eau à la pisciculture, périodiquement menacée du reste par l'accroissement de la pollution, et à une navigation peu importante.

Dans un proche futur cependant, la croissance industrielle et démographique de la région, sa population devrait atteindre 16 millions en l'an 2000, nécessitera l'utilisation de toutes les ressources en eaux disponibles, Laguna de Bay y compris.

L'étude a comporté trois volets principaux :

- le contrôle des crues et la régularisation des débits de Laguna de Bay ;

Figure 1 — Plan de situation de la zone étudiée.

- les utilisations possibles de l'eau et plus spécialement l'alimentation en eau du Grand Manille jusqu'en l'an 2000 ;
- la qualité des eaux et la pollution actuelle et future y compris l'esquisse d'un programme de contrôle, sa justification économique et ses aspects institutionnels.

Hydrologie et ouvrage de contrôle

Le régime hydrologique est caractérisé pour l'alternance d'une saison sèche, décembre à mai, et d'une saison humide, juin à novembre. En fin de saison sèche,

le niveau du lac peut descendre au-dessous du niveau de la mer provoquant l'inversion des débits des rivières Napindan et Pasig et l'introduction d'un volume considérable d'eau polluée et salée; de ce fait la salinité du lac varie périodiquement de 0,1 à 5 g/l. D'avril à juillet 1973, environ 2 millions de tonnes de chlorure sont entrées dans le lac.

En saison des pluies, la Marikina, affluent principal de la Pasig est sujette à des crues brutales très importantes dont le débit peut dépasser 2 000 m³/s pendant 12 à 24 heures. Ce débit dépasse de très loin celui que la Pasig peut écouler vers la mer sans débordement. Bien que la remontée du niveau au confluent Marikina-Pasig provoque le renversement du débit de la Napindan et l'écoulement vers le lac d'une partie notable du débit de la Marikina, le débit restant dans la Pasig provoque dans Manille des inondations fréquentes causant des dommages dont la valeur moyenne a été estimée en 1973 à 7 millions de francs par an.

La montée des eaux du lac peut également causer l'inondation de ses rives et des dommages moins fréquents mais plus durables, la capacité de vidange du lac étant faible, dont la valeur moyenne a été estimée en 1973 à 8 millions de francs par an.

L'étude hydrologique du régime du lac et des rivières Marikina, Napindan et Pasig a été reprise. Un modèle mathématique reproduisant l'ensemble des rivières, y compris les niveaux dans Laguna de Bay et la marée dans la baie de Manille, a permis de rétablir de façon plus précise les débits et d'obtenir les données nécessaires à l'étude des ouvrages.

L'étude des ouvrages : sites, caractéristiques, modes d'exploitation, coûts et rentabilité, a permis de recommander la construction de deux d'entre eux (fig. 2).

Figure 2 — Situation des principaux ouvrages de contrôle.

L'ouvrage de Mangahan qui assurera la protection de Manille contre les débordements de la Pasig.

Cet ouvrage comprend (fig. 3) un barrage à vannes mobiles sur la Marikina permettant de dériver l'excédent de débit vers Laguna de Bay par l'intermédiaire d'un seuil déversant fixe de 150 m de long et d'un canal calculé pour permettre sans débordement la dérivation de 2 000 m³/s. Cet ouvrage dont le taux de rentabilité interne atteint 14 % est actuellement en construction.

Un ouvrage de contrôle sur la Napindan près de son confluent avec la Marikina

Cet ouvrage qui comprend 3 vannes de 15 mètres et une écluse (fig. 4) permettra de régulariser le débit du lac, de réduire légèrement les niveaux maximum de crues, et d'assurer la dessalinisation du lac et une certaine réduction de sa pollution en supprimant la pénétration des eaux polluées et salées de la Pasig. La justification économique de cet ouvrage dont la construction va commencer en 1977 est basée sur la réduction des dommages subis par les pêcheries et l'accroissement de production agricole permis par l'irrigation à partir du lac.

Figure 3 — L'ouvrage de contrôle de Mangahan.

Figure 4 — L'ouvrage de contrôle sur la rivière Napindan.

Le taux de rentabilité interne approche 30 %. Une étude sur un programme simulant l'exploitation et l'hydrologie du lac a permis de recommander le meilleur mode d'exploitation.

Qualité des eaux - Pollution

A part quelques mesures de température et salinité, il n'existait que peu de mesures fiables sur la qualité des eaux de Laguna de Bay. La première étape de l'étude limnologique a donc été la construction d'un laboratoire d'analyse des eaux équipé de tout l'appareillage moderne nécessaire, et l'entraînement de son personnel philippin. Grâce à l'aide efficace du Laguna de Bay Development Authority (L.L.D.A.), avec qui nous avons étroitement collaboré tout au long de l'étude de qualité des eaux, le laboratoire était opérationnel en moins de 7 mois.

Sous la direction de deux experts en limnologie, une équipe de 30 personnes : chimistes, biologistes, ingénieurs et personnel de soutien, commençait immédiatement les prélèvements, analyses et études systématiques.

Des milliers de prélèvements furent faits, les analyses chimiques ont porté sur une cinquantaine de composants, les études biologiques ont porté sur le phyto et zooplancton, la flore et la faune, les cycles de l'azote et du phosphore. L'étude des algues et des poissons a été l'objet d'une attention particulière.

L'étude basée sur un an de mesures devra bien entendu être poursuivie et affinée. L.L.D.A. poursuit l'étude et le laboratoire est toujours en pleine activité.

La profondeur moyenne du lac n'est que de 2,80 mètres, les vagues, pratiquement toujours présentes, assurent un brassage complet et la mise en suspension des sédiments fins du fond. La turbidité est toujours élevée et il n'y a pas de stratification. La température de l'eau varie de 24 à 32°C, l'activité bactérienne est élevée, en particulier la biodégradation rapide digère la majorité de la pollution organique venant des rives avant qu'elle n'atteigne le centre du lac.

Le tableau 1 donne les concentrations moyennes et maximum de quelques composants au centre de la zone ouest du lac. Ce tableau donne aussi, pour fin de comparaison, les normes philippines pour l'eau potable, ainsi que la composition qu'aurait l'eau du lac si l'ouvrage de contrôle était construit et empêchait la pénétration des eaux polluées et salées de la Pasig. Dans ce cas la composition chimique de l'eau du lac serait acceptable comme source d'alimentation municipale.

La concentration en oxygène dissous (O.D.) dépend principalement de l'heure du prélèvement et peut être profondément modifiée par l'activité de photosynthèse des algues. Par temps ensoleillé, la concentration croît de 8 mg/l à 6 heures du matin jusqu'à 23 mg/l vers 14 heures, dépassant le taux de saturation. Par temps nuageux et sans vent et en présence de fleurs d'eau, la concentration peut descendre à 2 mg/l ou même moins vers 6 heures du matin.

Les produits nutritifs à base de phosphore et d'azote jouent un rôle très important dans l'écologie du lac en supportant la croissance d'une très nombreuse population d'algues bleu-vert, anacystes principalement. Des essais de productivité ont montré que la croissance et la concentration en algues dépendaient principalement de la concentration en nitrates, contrairement à ce qui se passe en zone tempérée. La concentration moyenne en nitrate est de 0,15 mg/l, les maximums pouvant atteindre 0,50 mg/l. Jusqu'à 1 mg/l la relation concentration maximum en algues, concentration en nitrate est pratiquement linéaire. La concentration en phosphates est de l'ordre de 0,1 mg/l, la moitié contenue dans les sédiments en suspension.

Cette prolifération est causée principalement par les déchets azotés venant de la population, l'élevage, l'agriculture et l'industrie autour du lac. Cette pollution va croître avec le développement économique rapide de la région et son contrôle est impératif pour sauver l'utilité des eaux du lac.

La population en algues suit un cycle saisonnier. La concentration augmente à partir de mars-avril et atteint un sommet de juin à septembre pour décroître ensuite. La figure 5 illustre l'évolution de cette concentration de juin 1973 à mars 1974. Des concentrations dépassant un million d'anacystes en juillet-août ont été mesurées dans la zone centrale du lac donnant à l'eau l'aspect d'une soupe verdâtre.

Ces concentrations d'algues ont en 1973 causé des dommages importants à la pisciculture. Une telle concentration d'algues rendrait également difficile et coûteux

Tableau 1	Laguna de Bay March 1973-March 1974 Station I		Philippines 1972-standard for drinking water		Laguna de Bay if inflow from Pasig river was stopped
	mean	maximum	permissible	excessive	mean
Ph range	8.95	9.7	7-8.5	6.5-9.5	
Color unit (1)	101	160	5		
(2)	36	65			
Turbidity unit (1)	20	32	5		
(2)	6	18			
Chloride (Cl) mg/l	664	1 360	200	600	13
Calcium mg/l	20	40	75	200	10
Magnesium mg/l	48	103	50	150	2.5
Total iron mg/l	1	2.55	0.3	1	
Copper mg/l			0.05 (W.H.O.stan.)	1.5	
Sodium mg/l	400		40		10
Potassium mg/l	20				4
SO ₄ ²⁻ mg/l	77	210	200	400	4.5
Total hardness meq/l	4.9	9.6	2 (W.H.O. stan.)	10	0.95
Total alkalinity	1.7				0.9

(1) Before sedimentation.
 (2) After 24 h sedimentation.
 After treatment by the pilot plant (coagulation, sedimentation, filtration) :
 . the turbidity was reduced to 1 or less,
 . the color was reduced below 5.

Figure 5 — Evolution de la population algale de mai 1973 à mars 1974.

teux le traitement de l'eau pour usages municipaux. En fait nous n'avons pas encore l'expérience pratique du traitement industriel d'une eau contenant en permanence 300 000 algues au ml. Il est du reste probable que le traitement d'une eau contenant en permanence un million d'anacystes au ml n'est pas économiquement possible. Les algues bleues vertes peuvent donner à l'eau un goût et une odeur très désagréable. En zone tempérée et sous des conditions encore inconnues, les anacystes peuvent sécréter des produits toxiques, heureusement cette sécrétion ne s'est jamais produite en zone tropicale.

La présence de pesticides et métaux lourds n'a pas encore atteint de niveaux dangereux mais doit être surveillée de près à cause des risques de concentration par les diverses étapes de la chaîne alimentaire.

A l'heure actuelle, le problème principal est donc la prolifération algale provoquée par l'enrichissement des eaux du lac, plus particulièrement en phosphates et surtout en nitrate et produits azotés. La prolifération algale et la formation de fleurs d'eau atteignaient déjà (en 1973) un niveau critique qui, sans contrôle, conduira rapidement à l'impossibilité d'utiliser l'eau du lac, à la disparition de la pisciculture et à la dégradation de l'environnement. De ce fait, la pollution par apport d'azote a été prise comme critère principal dans l'étude de l'évolution écologique du lac. En 1973, cette pollution a été estimée à 4 900 tonnes, 1 000 venant de Pasig, 1 250 de la population riveraine, 1 950 des animaux domestiques, 500 de l'agriculture, 200 de l'industrie. Si aucune mesure n'est prise, la pollution continuera à croître et, comme indiqué sur la figure 6 triplera vers l'an 2000. De ce fait, même sans parler de la pollution par pesticides, métaux lourds et autres poisons, qui atteindra un niveau critique, la prolifération d'algues atteindra un niveau insupportable, empêchant en pratique toute utilisation de l'eau et créant un désastre écologique.

Figure 6 – Prévision de la croissance de la pollution.

Les utilisations possibles de l'eau de Laguna de Bay

Les utilisations possibles de l'eau de Laguna de Bay ont été étudiées pour établir les bénéfices correspondants et les seuils de pollution acceptables.

Alimentation en eau du Grand Manille

Les prévisions des besoins en eau jusqu'en l'an 2000, où ils atteindront 6 millions de m³/jour, ont été revues et mises à jour. Parallèlement, on a étudié au stade pré-factibilité les principales sources possibles : les rivières Marikina et Kaliwa, le lac Taal : débits disponibles, qualité des eaux, ouvrages nécessaires pour le captage, la régularisation, le traitement et l'adduction jusqu'à Manille. Pour Laguna de Bay, qui peut fournir plus de 2,5 millions de m³/jour, l'étude a été poussée au stade factibilité avec l'aide d'une station pilote de 8 m³/heure. L'étude a montré que vers 1994, au plus tard, l'utilisation des eaux de Laguna de Bay sera impérative mais conditionnée par la protection du lac contre la pollution, qui a déjà atteint, de ce point de vue, un degré critique ; la concentration en algues dépasse déjà les valeurs que l'on sait couramment traiter.

Pisciculture

La population actuelle du lac consiste en poissons de faible valeur marchande, dont moins de 1 % se nourrit du phytoplancton et des algues si abondants dans le lac. Pour une meilleure utilisation de ces ressources, L.L.D.A. a, depuis quelques années, introduit l'élevage du bangus, un poisson qui ne se reproduit qu'en eau de mer, mais se nourrit d'algues. L'étude de la productivité du lac a montré que l'on peut espérer consacrer 20 à 25 000 hectares à cet élevage. On produirait alors 90 000 tonnes/an de poissons de très bonne qualité, dont la valeur serait de l'ordre de 250 millions de francs (1973).

Cette production est liée au contrôle de la pollution du lac. En cas d'apparition de fleurs d'eau, les poissons prisonniers des enclos ne peuvent s'échapper et sont tués. En 1973, les dommages causés par la pollution ont diminué de 15 % la valeur de la production.

Irrigation

Le principal obstacle à l'utilisation de l'eau du lac, pour les irrigations, est sa salinité qui peut, par moment, largement dépasser 2 g/l. La construction d'un ouvrage de contrôle sur le Napindan suffit à assurer la complète dessalinisation du lac.

Le bénéfice correspondant à l'augmentation de production agricole – il existe des projets pour l'irrigation à partir du lac de 30 000 ha – a donc été entièrement attribué à l'ouvrage de contrôle.

Le programme de protection de la qualité des eaux et sa justification économique

Les phénomènes écologiques, dont notre connaissance est encore bien imparfaite, ne se reproduisent pas identiques à eux-mêmes d'une année à l'autre. Aussi, les prévisions établies à partir d'une seule année d'observation ne doivent-elles être considérées que comme une première approche à revoir et à affiner périodiquement, au fur et à mesure que notre connaissance du lac et de son environnement s'améliorera.

L'utilisation du lac pour l'alimentation en eau de Manille dans un futur relativement proche et la protection de la pisciculture demandent de limiter la pollution, principalement en azote, à une valeur proche de celle de 1973.

La figure 6 résume le résultat de l'étude des principales sources de cette pollution et de son évolution jusqu'en l'an 2000. Un programme basé à la fois sur des redevances incitant à réduire la pollution, une législation réglementant sévèrement les pollutions par substances hautement toxiques et la réalisation d'un certain nombre d'ouvrages a été recommandée pour maintenir la pollution à un degré acceptable, son action est illustrée par la figure 7.

La justification économique de ce programme basée sur la réduction des dommages subis par la pisciculture et l'économie résultant de l'utilisation de l'eau du lac en place de la dessalinisation, montre un taux de rentabilité interne de 23 % justifiant pleinement ce programme qui, de plus, améliorera considérablement les conditions sanitaires d'un million d'habitants.

Figure 7 — Effet du programme de lutte contre la pollution.

Pollution venant de la Pasig

Cette pollution pourra être définitivement supprimée dès 1978-79 par la construction de l'ouvrage de contrôle sur la rivière Napindan, ouvrage déjà justifié par ailleurs.

Pollution municipale

On devra progressivement doter les villes riveraines du lac de réseaux d'égouts interceptant le ruissellement et de moyens de traitement. Une étude rapide sur 3 villes a permis d'estimer le coût moyen par habitant de ce réseau primaire et du pompage vers un système de lagunage permettant l'utilisation des eaux traitées pour l'irrigation évitant ainsi le retour au lac des produits fertilisants ⁽¹⁾. On devra, à partir de 1990, ou plus tôt pour des raisons sanitaires, doter progressivement les municipalités riveraines des facilités minimum recommandées, le but à atteindre étant de servir un million d'habitants pour l'an 2000. Le coût de ces facilités, y compris le ramassage et la mise en dépôt sanitaire des déchets, a été estimé à 25 Francs par an et habitant (1973). Le coût qui dépasse les possibilités financières des municipalités permet une amélioration considérable des conditions sanitaires, devrait être à 80 % environ soit payé par le Gouvernement, soit prélevé par l'intermédiaire de la vente d'eau sur l'ensemble des habitants du Grand Manille qui bénéficieront de l'amélioration de l'environnement et d'une source d'approvisionnement en eau indispensable dès 1990-94. L'augmentation du prix de l'eau resterait de l'ordre de 3 centimes par mètre cube.

Pollution due à l'élevage

Une réglementation devrait soumettre l'exploitation d'élevage industriel à l'obtention d'un permis qui serait refusé en cas d'implantation près du rivage du lac ou de l'un de ses affluents. Pour payer le coût du traitement des déchets (compostage, remblai sanitaire, ...) ou mieux, inciter le propriétaire à assurer par lui-même le traitement nécessaire, on imposerait une redevance par tête de bétail sur les élevages dépassant une certaine dimension.

Pollution industrielle

La plupart des industries sont actuellement concentrées dans la partie nord de la rive ouest ou à l'est immédiat de la Marikina. La manière la plus économique et sûre de protéger le lac contre la pollution actuelle et les risques d'une pollution accidentelle qui ne pourrait être tolérée lorsque le lac sera utilisé pour l'alimentation en eau du Grand Manille consiste à collecter les effluents

(1) Seules les zones où l'intercepteur dessert 1 000 habitants au km seraient desservies. La base des projets était : rejet de 70 litres/jour/habitant, lagon un hectare par 4 000 habitants.

par deux égouts. Le premier longera sur 13 km la rive ouest et rejettera les effluents collectés dans la baie de Manille où le problème d'eutrophication ne se pose pas encore. On réservera bien sûr l'emplacement nécessaire à la construction d'une station de traitement quand la situation le rendra nécessaire. Le deuxième intercepteur d'environ 10 km collectera les effluents des industries situés à l'est de la Marikina et les rejettera directement dans cette rivière, l'emplacement d'une future usine de traitement sera réservé.

Les mesures recommandées sont donc :

- empêcher par l'imposition de redevances pollution très élevées (basées sur les quantités rejetées d'azote, matière organique et matière en suspension) l'implantation d'industries polluantes dans le bassin versant du lac hors des zones desservies par les 2 égouts intercepteurs recommandés plus haut ;
- construire les deux intercepteurs pour qu'ils puissent être mis en service vers 1981 pour l'intercepteur côté ouest, vers 1990 pour l'intercepteur de la zone à l'Est de la Marikina. Le financement de ces intercepteurs et de leur exploitation serait assuré par le prélèvement de redevances basé sur la quantité et la nature des eaux usées rejetées par chaque industrie. L'ordre de grandeur serait (1973) :
 - 11 francs par an et par mètre cube/jour de rejet,
 - 15 francs par an et par kilo de carbone organique par jour ;
 - 18 francs par an et par kilo de matière en suspension par jour.

Pollution agricole

L'utilisation d'engrais ne sera limité qu'en dernier recours, l'augmentation de la production agricole est en effet prioritaire pour le développement du pays ; de plus, réduire l'utilisation d'engrais est le moyen le plus coûteux de réduire la pollution du lac par l'azote.

Il est recommandé cependant d'éduquer les cultivateurs sur les dangers d'un suremploi d'engrais et de l'utilisation de certains pesticides et sur les avantages de certains modes de cultures réduisant les entraînements d'engrais vers le lac.

Ces mesures seraient complétées par une législation concernant la pollution par les pesticides, métaux lourds, hydrocarbures et autres produits toxiques dont le rejet au lac doit être impérativement contrôlé.

Aspects institutionnels

Le programme de lutte contre la pollution, indispensable pour permettre l'utilisation des ressources en eaux de Laguna de Bay ne pourra être efficace que s'il est assuré d'un financement régulier et de la compréhension et du support du public. Après analyse des organisations dans divers pays, il a été recommandé de former un organisme ayant juridiction sur l'ensemble des problèmes du bassin et des pouvoirs législatifs et financiers suffisants.

Cet organisme serait assez proche des Agences de bassin françaises. Y participeront, non seulement le Gouvernement central pour assurer la coordination nécessaire avec les objectifs généraux de développement du pays mais aussi des représentants des autorités locales et des principaux groupements économiques et professionnels locaux. Cet organisme étudierait et ferait approuver les plans d'actions à long et court termes, surveillerait le respect des règles édictées et obtiendrait le financement nécessaire à l'exécution du plan, en grande partie par imposition de redevances sur les pollueurs et consommateurs d'eau. Une première approche des montants et de la répartition de ces redevances a montré que l'on pouvait raisonnablement couvrir par ce moyen l'ensemble du programme prévu.

Les moyens d'études mis en œuvre

Pour la bonne exécution de cette étude, qui a pratiquement été entièrement conduite sur place, SOGREAH, chef de file en association avec le BCEOM et AGRAR & HYDROTECHNIK GmbH, a créé une implantation à Manille. Ce bureau, animé par un chef de projet, a groupé une vingtaine d'experts dans des domaines allant de l'Hydrologie et l'Hydraulique à la Biologie, la Chimie de l'eau et la Limnologie, en passant par l'Economie, le Génie Civil, la Mécanique des sols, le traitement des eaux potables, le contrôle de la pollution et ses aspects institutionnels.

Ces experts ont travaillé en complète intégration avec des équipes philippines fournies par Laguna Lake Development Authority, pour la partie qualité des eaux et pollution ; par DCCD Engineering Co, pour les parties contrôle des eaux et de la pollution, alimentation en eau de Manille.

*
* *

Les points de vue exprimés dans cet article sont ceux de l'auteur et ne sont pas forcément partagés par les Nations Unies, la Banque Asiatique de Développement ou le Gouvernement Philippin.

Discussion

Président : M. C. GEMAEHLING

M. le Président remercie M. PARISSET pour son exposé fort intéressant par la variété des sujets qu'il aborde : protection contre les crues et l'invasion de la mer dans un lac d'eaux parfois saumâtres, problèmes complexes de pollution (notamment en raison des activités industrielles et de la présence d'agglomérations importantes au voisinage de ce lac), problèmes d'agriculture et d'élevage, etc.

Il ouvre ensuite la discussion.

Pour fournir du travail à la population, observe M. MISSON, il faudrait développer autour du lac des industries non polluantes.

C'est pourquoi, répond M. PARISSET, il a été recommandé de contrôler les effluents des zones industrielles en imposant des taxes extrêmement lourdes sur la pollution en D.B.O., en azote et en matières décantables. Les industries qui ne rejettent rien peuvent s'installer sans rien payer.

Les industries les plus polluantes sont les brasseries, les teintureries, les textiles, les mégisseries ; il y en a 560 . . . Les grandes industries modernes qui occupent beaucoup de main-d'œuvre sont relativement peu polluantes (construction mécanique, automobile, etc.) ou, dans le cas contraire, ont déjà pris des mesures d'épuration efficaces. Trente pour cent des taxes seraient payés par un petit nombre de petites usines, notamment de distilleries, démodées qui, à elles seules, n'occupent pas beaucoup plus de 1 500 personnes ; cela pourrait les amener à disparaître. Je dois ajouter que nous ne pouvons dans ce domaine, que faire des recommandations.

La brasserie est la grande industrie de consommation de ce Pays, remarque M. MISSON. Beaucoup de brasseries sont-elles implantées le long de ce lac ?

Non, répond M. PARISSET ; il y a une brasserie importante mais très loin. La tendance est à déplacer l'industrie en dehors de Manille, non seulement pour protéger le lac, mais afin de décentraliser l'industrie. Il existe une zone hors taxe sur la presque île de Baatan où l'on encourage l'installation de toutes sortes d'industries, depuis le General Motors, les appareils de télévision japonais, etc.

A-t-on envisagé d'activer le renouvellement des eaux du lac, demande M. LOBERT (Coyne et Bellier) ? Dans l'affirmative, y-a-t-il eu des problèmes de calcul des mouvements d'eau, compte tenu de la faible profondeur du lac ?

Le lac n'a pas de tributaires importants, répond M. PARISSET. Sans compter une poussière de petites rivières, les affluents les plus importants sont au nombre d'une dizaine ; ils ont des débits moyens de l'ordre de 5 à 15 m³ et on ne peut pas les contrôler par des barrages. Il y a cependant un site merveilleux où l'on pourrait installer une usine d'accumulation d'énergie par pompage dont la puissance installée pourrait atteindre jusqu'à 5 millions de kilowatts. Le bassin de cet aménagement serait Laguna de Bay. La circulation principale dans le lac est causée

par le vent et se fait dans le sens des aiguilles d'une montre autour de l'île centrale.

M. BEDUCCI (HYDROART, Milan) intervient en ces termes :

Je désire poser deux questions du point de vue d'un Constructeur de machines hydrauliques, car on étudie la réalisation d'une usine d'accumulation d'énergie par pompage comportant 2 pompes-turbines de 250 MW × 2 :

1) Existe-t-il déjà quelques installations hydrauliques (pour le traitement expérimental de l'eau, par exemple) ? Quelle est l'action corrosive de l'eau sur les matériaux métalliques de différentes qualités ?

2) Est-il possible d'établir une prévision raisonnable de l'évolution de l'agressivité de l'eau dans les prochaines années en tenant compte d'une part du programme de renouvellement du lac et d'autre part de la présence des pompes-turbines qui sont destinées à mettre en communication la Laguna de Bay avec le bassin supérieur ?

Nous n'avons pas étudié l'action de l'eau du lac sur les métaux répond M. PARISSET mais si l'on élimine le sel, elle ne contient aucun élément pouvant faire prévoir une agressivité particulière. L'éventuelle usine d'accumulation d'énergie par pompage ne devrait pas changer l'évolution de la pollution du lac, laquelle est due avant tout à l'activité des riverains.

Vous avez parlé, relève M. le Président, de la mise en place d'un système de taxation qui permettrait de décourager les pollueurs. Un tel système a-t-il été mis en place ? En France, la loi de 1964 commence à montrer ses effets bénéfiques sur beaucoup de bassins versants. Il serait intéressant de voir les résultats des mesures prises dans ce domaine par d'autres pays.

M. PARISSET manque d'informations sur ce point ; la tendance lors de son départ pour Manille était de suivre les idées américaines ; il existait un Bureau national de contrôle de la pollution de l'air et de l'eau ; mais faute d'un financement suffisant, son personnel semblait encore peu nombreux.

M. J. LEFEBVRE (Sté du Canal de Provence) pose la question suivante :

Sur la carte générale de la région de Manille est figuré un chenal évacuateur entre Laguna de Bay et la mer au Sud de la ville. Comment s'insère cet ouvrage dans le projet général d'aménagement ?

Il s'agit, répond M. PARISSET, d'un projet qui avait pour objet de réduire la crue du lac en évacuant ses eaux vers la baie de Manille par un canal muni de vannes de contrôle. Ce canal couperait l'isthme de 4 ou 5 kilomètres de largeur qui sépare le lac de la baie ; malheureusement, cet isthme présente un relief dont le point haut se trouve à 30 m au-dessus du niveau de la mer. L'étude que nous avons faite conduit pour ce projet à un taux de rentabilité inférieur à 5 % ; aussi, nous n'avons pu recommander sa prise en considération.

Abstract

Laguna de Bay water resources development (Philippines Islands)

Laguna de Bay is a shallow brackish lake of 900 km² (Fig. 1) discharging to Manila bay through the Napindan and Pasig Rivers. These rivers flow through Greater Manila (5 million inhabitants) and transport most of its domestic and industrial waste to the sea. Mostly because of periodic salinity and large pollution, the lake water resources are not presently efficiently used. However, within one or two decades, Laguna de Bay water will be needed for the supply of the expanding population (14 to 16 million in year 2000).

The study, carried out on 1973-1974, has covered at the pre-feasibility stage all technical and economical aspects, including environmental and sanitary conditions and institutional and financial aspects.

The study covered the following points :

1. Flood control and regulation of Laguna de Bay discharges

The hydraulic regime of the lake and of the Marikina, Napindan and Pasig rivers was reviewed with the help of a mathematical model reproducing the rivers, the lake and the tidal elevation.

Main recommendations were :

- The construction of the Mangahan floodway (Fig. 2 and 3) to protect Manila against overflow of the Pasig caused by flash floods from the Marikina by diverting excess flows to Laguna de Bay. The rate of internal return based on flood damage reduction is 14 %.
- The construction of a control dam across the Napindan (Figs. 2 and 4) to control Laguna de Bay discharges and protect the lake against the penetration of salt and polluted water when, at the end of the dry season, the lake level may become lower than tide elevation in Manila Bay reversing the flow of the Pasig-Napindan rivers. Mostly based on irrigation and fishery benefits the I.R.R. is nearly 30 %.

2. Present water quality and pollution - Future evolution

A fully instrumented laboratory was built and operated, thousands of samples taken. The study included chemical analysis of more than fifty products, biologic studies of plankton, fauna and flora with special attention to algae and fishes. Nitrogen and phosphorous cycles were also studied. This water quality study is continued by the Philippine administration as the results of one year of observation must be continuously updated.

Main results are :

- Apart from chloride, magnesium, calcium and SO₄²⁻, entering the lake from the Napindan-Pasig, a problem to be solved by the Napindan control dam, the chemical water content is suitable for water supply.
- Pesticides, heavy metals and other poisonous substances have not yet reach a dangerous level. However urban and industrial development of the area renders regulation and control mandatory.

- Presently the most prejudicial pollution is caused by the excess of nitrogen and phosphorus compounds causing a proliferation of blue green algae (anacystis) which in summer may exceed one million anacystis per ml. (Fig. 5). These algae blooms have in 1973 already reduced by 15 % the value of fishery production and will make water treatment for municipal use very costly if not impossible.

As illustrated on figure 6 the main causes of this pollution, the nitrogen has proven to be the main villain, are human population, livestock and inflow from the Pasig-Napindan. Without control the pollution will triple by year 2000 destroying fisheries, making the water unfit for water supply and causing an ecological disaster with severe consequences to the environmental and sanitary conditions.

3. Possible utilisation of Laguna de Bay water resources

Benefits from three main utilizations were evaluated :

- Irrigation for which the present quality of the water will be acceptable as soon as the Napindan control dam will have stopped saline inflows.
- Fishery, mostly through the raising of bangus (milk fish) in fish pens. The bangus which reproduces only at sea, feeds on the phytoplankton and algae abundant in the lake and unused by the original fish population.
- Water supply for Greater Manila when around 1990-95, other sources of water supply will have been exhausted. The study at feasibility level of the treatment plant with the help of a 8 m³/h pilot plant was included.

4. Preservation of water quality : objectives, pollution control program, economic justification, institutional aspects, financial feasibility

The 1973 value of the nitrogen pollution has been taken as a limit not to be exceeded : it already causes sizeable damage to fishery and will periodically make water treatment costly and near the limit of actual possibilities.

As illustrated on figure 7 the main points of the pollution control program up to year 2000 are : stopping the pollution from the Pasig by the Napindan control dam, reducing livestock pollution by regulations and levies, controlling industrial pollution by regulations, levies and construction of 2 main sewers, reducing urban pollution and improving sanitary conditions by progressive implementation of sewerage system including the use of sewerage after lagooning for irrigation.

The corresponding internal rate of return based only on direct benefits, mostly fishery as the discounted value of water supply starting in 1995 is small, exceeds 20 %.

It has been suggested to entrust the water management of Laguna de Bay basin to an administration centralizing all aspects, pollution control included. The possibility of financing the costs by reasonable levies has been established.