

FP 1107-75-03



2390.

EUTROSYMI '76

20.-25. IX. 1976 Karl-Marx-Stadt
République Démocratique Allemande

Procès-verbal
du Symposium International sur
l'EUTROPHISATION et l'ASSAINISSEMENT
des EAUX DE SURFACE

E U T R O S Y M '76

Symposium International sur
l'eutrophisation et
l'assainissement
des eaux de surfaces

20 - 25 septembre 1976
Karl-Marx-Stadt
République Démocratique Allemande

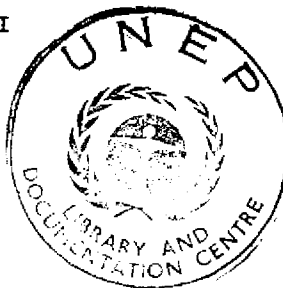
Organisateurs:

Programme
des Nations Unies
pour l'environnement
P.N.U.E.

Institut pour l'Economie des Eaux
auprès du Ministère de la Protec-
tion de l'Environnement et de
l'Economie des Eaux de la
République Démocratique Allemande

Vol. II

Vol. I: Compte rendu
Vol. II: Complexe A
Vol. III: Complexe B
Vol. IV: Complexe C
Vol. V: Complexe D, E



Complexe A

Rapport général: Aspects économiques et sociaux de l'eutrophisation

Rapporteur: S. V. GANAPATI, Inde

Communications:

L'eutrophisation des grands lacs suédois - sensibilité, état et avenir

AHL, T. Suède

Exploitation complexe des bassins versants de barrages et prévention de l'eutrophisation

BEUSCHOLD, E. République Démocratique Allemande

Mesures intégrées de lutte contre les mauvaises herbes aquatiques et d'utilisation de celles-ci

BISWAS, D. K. Inde

Investigations sur l'eutrophisation anthropogène des eaux continentales (eau douce) en U.R.S.S.

ČUGANOV, Ju. A., MALJUK, V. I.
Union des Républiques Socialistes
Soviétiques

Conditions de service pour l'élimination maximum du phosphore

EL-GOHARY, F. A. Egypte

Aspects économiques et sociaux de l'eutrophisation: l'importance du sujet par rapport au développement économique

GANAPATI, S. V. Inde

Problèmes d'une utilisation systématique et à long terme de la ressource naturelle en eau en R.D.A.

GRINGMUTH, W., ROOS, H. République Démocratique Allemande

Pêche en eau douce et état des eaux
HEROLD, H., BARTHELMES, D. République Démocratique Allemande

L'effet de la fertilisation des forêts sur l'eutrophisation des
eaux. Thèses générales
KOCAN, T. Pologne

Application d'engrais et eutrophisation
KORIATH, H. République Démocratique Allemande

Le système de contrôle uniforme de l'économie des eaux de la
République Démocratique Allemande
OTTO, W. République Démocratique Allemande

L'influence du tourisme et du secteur des loisirs sur l'eutro-
phisation des eaux. Thèses générales
FIECZYŃSKA, J. Pologne

Eutrophisation dans les lacs artificiels d'Espagne
RUIZ DE LA TORRE, J., CASAS, J. L. O., GARCIA, J. A.
Espagne

Rapports entre le Balaton et son bassin versant
SZABO, I. Hongrie

Eutrophisation des eaux et problèmes de la protection spéciale
de la nature
WEINITSCHKE, H. République Démocratique Allemande

D'autres communications présentées par écrit pour la discussion:

Loisir au bord de l'eau et l'eutrophisation
KLAPPER, H., GRINGMUTH, W. République Démocratique Allemande

L'exploitation scientifiquement fondée des écosystèmes et son
rôle dans la lutte contre l'eutrophisation
KLAPPER, H., SEIDEL, E. République Démocratique Allemande

Commentaire au sujet du rapport général sur le complexe A
UHLMANN, D. République Démocratique Allemande

Mesures économiques concernant la coordination de l'utilisation
des bassins versants des barrages prévus pour la production
d'eau potable

WEGENER, U. République Démocratique Allemande

Protection de la nature et problèmes sociaux

WEINITSCHKE, H. République Démocratique Allemande

Les effets de l'utilisation de produits chimiques dans l'agri-
culture sur l'eutrophisation des eaux

WRÓBEL, S. Pologne

En outre, les orateurs suivants sont intervenus dans la discussion

BARTHELMES, D. République Démocratique Allemande

OBENG-ASAMOA, E. K. Ghana

PEÑA, R. Espagne

PIECZYŃSKA, E. Pologne

WEERARATNA, C. S. Sri Lanka

Remarque

Le Bureau régional de l'O.M.S. pour l'Europe, Copenhague, a mis
à notre disposition, pour information supplémentaire, le rapport
fait par L. LANDNER (Stockholm/Suède, 1976): "Eutrophication of
lakes - its causes, effects and means of control with emphasis
on lake rehabilitation." WHO Long-Term Program in Envir. Poll.
Control EURO 3130.

COMPLEXE A: ASPECTS ECONOMIQUES ET SOCIAUX DE L'EUTROPHISATION

Rapport Général

S. V. GANAPATI

University of Baroda, Faculty of Science, Biochemistry Dept.
Inde

15 rapports scientifiques ont été reçus des 8 pays suivants:

Egypte (1), R.D.A. (6), Inde (2), Pologne (2), Espagne (1),
Suède (1), Hongrie (1) et U.R.S.S. (1)

Ci-après, la liste alphabétique de ces rapports:

1. AHL, T.: L'eutrophisation des grands lacs suédois - sensibilité, état et avenir Suède
2. BEUSCHOLD, E.: Exploitation complexe des bassins versants de barrages et prévention de l'eutrophisation République Démocratique Allemande
3. BISWAS, D. K.: Mesures intégrées de lutte contre les mauvaises herbes aquatiques et d'utilisation de celles-ci Inde
4. ČUGUNOV, Ju. A., MALJUK, V. I.: Investigations sur l'eutrophisation anthropogène des eaux continentales (eau douce) en U.R.S.S. Union des Républiques Socialistes Soviétiques
5. EL-GOHARY, F. A.: Conditions de service pour l'élimination maximum du phosphore Egypte
6. GANAPATI, S. V.: Aspects économiques et sociaux de l'eutrophisation: L'importance du sujet par rapport au développement économique Inde
7. GRINGMUTH, W. et ROOS, H.: Problèmes d'une utilisation systématique et à long terme de la ressource naturelle en eau en R.D.A. République Démocratique Allemande
8. HEROLD, H. et BARTHELMES, D.: Pêche en eau douce et état des eaux République Démocratique Allemande

9. KOCAN, T.: L'effet de la fertilisation des forêts sur l'eutrophisation des eaux. Thèses générales
Pologne
10. KORIATH, H.: Application d'engrais et eutrophisation
République Démocratique Allemande
11. OTTO, W.: Le système de contrôle uniforme de l'économie des eaux de la République Démocratique Allemande
République Démocratique Allemande
12. PIECZYŃSKA, E.: L'influence du tourisme et du secteur des loisirs sur l'eutrophisation des eaux. Thèses générales
Pologne
13. SZABO, I.: Rapports entre le Balaton et son bassin versant
Hongrie
14. RUIZ DE LA TORRE, J., CASAS, J. L. O., et GARCIA, J. A.:
Eutrophisation dans les lacs artificiels d'Espagne
Espagne
15. WEINITSCHKE, H.: Eutrophisation des eaux et problèmes de la protection spéciale de la nature
République Démocratique Allemande

Remarque:

Le rapport précieux que L. LANDNER (Suède) a élaboré par ordre de l'O.M.S., a été utilisé pour informations supplémentaires: "Eutrophication of lakes - its causes, effects and means of control with emphasis on lake rehabilitation." WHO Long-Term Programme in Envir. Poll. Control EURO 3130.

Les 15 rapports ont été classés comme suit:

(a) Contrôle de l'importation externe de substances nutritives à partir de (1.) sources définies (rapport N° 5); (2.) écoulements de surface de terres cultivées fertilisées (rapport N° 10); (3.) écoulements de régions forestières au sein des bassins versants (rapport N° 9) et (4.) tout le bassin versant (rapport N° 2).

(b) Evaluation limnologique des lacs afin d'en déterminer l'état trophique et les causes de leur eutrophisation (rapports N° 1, 4, 12, 13, et 14).

(c) Un plaidoyer pour la protection de la nature (rapport N° 15).

(d) Planification, dans les buts les plus divers, des ressources en eau d'un Etat (rapports N° 7, 8 et 11).

(e) Sur la réutilisation de l'eau usée (rapport N° 6).

(f) Contrôle des plantes aquatiques (rapport N° 3).

Discussion

En suite les points de vue les plus importants des rapports nommés ci-dessus sont discutés:

L'eutrophisation étant le sujet du complexe A, il paraît légitime de commencer par une définition du terme "eutrophisation", les formes et les symptômes de l'eutrophisation, les sources de substances nutritives biologiquement importante et la substance nutritive-clé, le phosphore, et de montrer pourquoi il faut commencer le plus rapidement possible à prendre les mesures d'assainissement nécessaires.

1. Définition de l'eutrophisation

On peut définir l'eutrophisation de différentes manières. En général, on la définit comme "enrichissement de l'eau avec des substances nutritives - soit intentionnel soit non-intentionnel". C'est un processus de vieillissement dans la nature qui se déroule lentement, mais l'activité de l'homme peut accélérer le processus naturel. L'eutrophisation signifie en plus un enrichissement de l'eau avec des substances nutritives, ce qui entraîne peu à peu une végétation excessive. Dans un sens limité ce terme peut signifier l'enrichissement des eaux par des substances nutritives inorganiques de plantes, surtout par des combinaisons de P et de N. Quelques autres comprennent par eutrophisation un accroissement de la production primaire, et LANDNER préfère la définition: "tous les aspects de la productivité biologique". "Eutrophisation" peut, en plus, signifier "pollution", si ses effets sont indésirables (d'après MORTIMER).

2. Espèces de l'eutrophisation

Il y a de différentes formes de l'eutrophisation: (a) l'eutrophisation commençante, (b) l'eutrophisation avancée, (c) l'eutrophisation conditionnée par les saisons ou eutrophisation périodique et (d) la pseudo-eutrophisation.

a) L'eutrophisation commençante

L'eutrophisation commençante se manifeste par un accroissement biologique et quantitatif de la biomasse; des changements qualitatifs et quantitatifs de la croissance de la végétation littorale et benthique, du plancton et de la population des poissons. Sous un aspect physico-chimique ce terme comprend la

transparence décroissante et un changement de couleur de l'eau; une diminution d'ensemble de la teneur en oxygène dissous dans les strates hypolimniques d'un lac pendant la période de stratification thermique de l'été et l'accroissement, qui en résulte, du niveau moyen des substances nutritives de P et de N, qui peut être constaté par des méthodes chimiques.

b) L'eutrophisation avancée

L'eutrophisation avancée signifie que les symptômes mentionnés ci-dessus sont plus prononcés. Une croissance excessive du phytoplancton, surtout des algues bleues; l'oxygène dissous manque complètement dans les strates de fond pendant la période d'été; des produits de la décomposition anaérobie s'accumulent et la faune disparaît.

c) L'eutrophisation saisonnière et/ou périodique

Elle résulte d'une décroissance graduelle du niveau d'eau due à l'évaporation et à la dérivation pour l'irrigation, dans des lacs artificiels dans les tropiques, liée à une croissance simultanée de la teneur en substances organiques, si bien que les données de la teneur en substances organiques peuvent être déterminées à partir de niveau d'eau du lac ou du réservoir.

On ne sait pas si le type d'eutrophisation défini ci-dessus est identique au terme eutrophisation anthropogène de GUGUNOV et MALJUK (rapport N° 4). Ils le définissent comme "une perturbation progressive due à l'accroissement de la production primaire de substances organiques sur la base de l'accroissement anthropogène de substances nutritives (d'après ROSSOLIMO).

d) La pseudo-eutrophisation

Elle est une espèce de plus de l'enrichissement avec des substances organiques dans les cas où l'eau d'un lac artificiel sert à la filtration lente pendant les mois d'été. Dans la couche de sable fin épaisse d'un mètre d'un filtre lent se créent des conditions anaérobies quand le *Spirillum desulfuricans*, qui réduit les sulfates, commence à devenir actif et qu'il réduit le sulfate de l'eau brute en H_2S - en produisant simultanément dans l'eau filtrée des bactéries de sulfure ou des champignons filamenteux.

3. Symptômes et indices de l'eutrophisation

Une croissance excessive d'algues microscopiques ou de plantes aquatiques macroscopiques sont un indice de conditions eutrophiques. Il se fait rarement que les deux phénomènes dominent en même temps dans la même eau, étant donnée une forte concurrence entr'eux quant à la domination. Dans la littérature on trouve de différentes indications concernant l'eutrophisation: (1.) Les indications de UHLMANN et HRBÁČEK se basent sur l'état trophique ou le "standing crop" ou les changements de la vitesse de la production primaire, c.-à-d. la teneur en chlorophylle; (2.) des changements de la diversité du phytoplancton; (3.) des valeurs agrandies de chlorophyll-a et des valeurs plus petites du disque de Secchi et (4.) les lignes d'orientation de VOLLENWEIDER concernant le domaine de la productivité du plancton.

4. Les sources de substances nutritives biologiquement importantes et la substance nutritive-cle, le phosphore

Ce thème comprend: (1.) régénération à partir de la faune

et de la flore; (2.) échange avec les sédiments de fond et (3.) des sources externes. Les substances nutritives biologiquement importantes sont des combinaisons organiques et inorganiques de carbone et des substances inorganiques qui contiennent de l'azote et du phosphore. Les substances inorganiques qui contiennent du phosphore sont considérées comme des substances nutritives-clé, parce que les deux autres substances étant facilement assimilables de l'atmosphère. La plupart des essais de lutte contre l'eutrophisation visent un enlèvement presque complet de P.

Il y a deux sources possibles des substances nutritives: elles peuvent être (a) d'origine allochtone - cela inclut des sources bien définies et des sources diffuses - et (b) d'origine autochtone, par l'échange avec les sédiments de fond et la régénération à partir de substances biologiques, comme nous l'avons déjà dit.

5. Effets économiques et sociaux de l'eutrophisation

Une croissance excessive et le développement de plantes aquatiques et/ou d'algues microscopiques sont une source de contrariété, ils provoquent des troubles de santé, des pertes d'eau dues à l'évaporation, des effets toxiques sur les poissons, la volaille et les animaux; la pêche, le canotage, le ski nautique et la baignade sont souvent impossibles. Le traitement de telles eaux en vue de la production d'eau potable demande de grandes dépenses, bien que ces mesures, à leur tour, peuvent amener un accroissement de la biomasse ou du "standing crop" qu'on peut utiliser lors de l'élevage de poissons, d'huîtres,

de langoustes et d'algues pour la production de albumine bon marché et produits industriels et médicaux. Aussi faut-il des mesures d'assainissement pour leur contrôle.

LANDMEER a donné un aperçu exhaustif sur la littérature concernant l'eutrophisation et l'assainissement pour la période de 1968 à 1976. Il a proposé six méthodes d'assainissement pour empêcher une détérioration ultérieure des ressources en eau et en vue de la "dé-eutrophisation" des importations externes de substances nutritives: (1.) mesures qui influencent les réserves d'oxygène dans le hypolimnion; (2.) réduction du temps de stagnation; (3.) inactivation ou élimination de substances nutritives; (4.) mesures qui influencent l'importation de substances nutritives à partir de sources bien définies; (5.) mesures qui influencent l'importation de substances organiques et (6.) mesures qui influencent la consommation d'oxygène par les sédiments du fond.

Il n'a mentionné aucune méthode pour enlever les algues microscopiques des eaux hautement eutrophiques en Europe et en Amérique afin de s'en servir comme "protéine bon marché", point sur lequel le Programme International Biologique (IBP) attire explicitement l'attention. L'avenir de l'humanité est étroitement lié à la nécessité urgente de la production en masse de protéine bon marché et à l'approvisionnement en eau pure, dont on manque à cause de l'accroissement de la population et de l'industrialisation. Donc il faut chercher des procédés nouveaux et des sources d'approvisionnement. On pourra atteindre cela en partie par le traitement des quantités énormes d'eau usée que la population mondiale et l'industrie produisent dans une

telle ampleur qu'en peut les utiliser tout de suite pour les traitements d'eau en vue de produire de l'eau potable, de l'eau pour l'irrigation et à des fins industrielles. En même temps, on peut utiliser avec profit les éléments fertilisateurs P et N des eaux usées pour la production en masse de protéine comestible pour l'homme et l'animal. L'homme pourrait tirer profit de tous ces avantages en appliquant le processus de lagunes hautement aérobie qui a comme seule base le principe de la photosynthèse (GANAPATI, 1975). Pr. Dr. OSWALD (Université de Californie) appelle ce processus "l'industrie future de la photosynthèse commandée". C'est un des cadeaux que la nature offre à l'homme.

GRINGMUTH et ROOS (rapport N° 7) ont proposé de se servir d'un autre cadeau de la nature: utilisation de la capacité d'autoépuration des fleuves dans des installations artificielles. Pourquoi donc ne pas utiliser l'énergie radiée du soleil - dans les pays occidentaux des sources de lumière artificielles - pour la production de protéine bon marché afin de nourrir les millions d'hommes à travers le monde qui souffrent de la famine? Une proposition qui vaut une considération sérieuse:

a) Contrôle de l'importation externe de substances nutritives

1) A partir de sources bien définies (rapport N° 5)

EL-GOHARY (Egypte) a proposé une méthode digne de confiance avec les conditions de fonctionnement pour une élimination maximale de la substance nutritive-clé P dans les eaux usées domestiques, industrielles et agricoles. On propose une combinaison d'un lit bactérien biologiquement hautement chargé et

muni de matière plastique avec une installation connectée de coagulation et de floculation.

Les méthodes proposées sont sensées dans des pays qui ne disposent pas de terres bon marché. Mais dans les pays en voie de développement où l'on dispose de terres bon marché, il faudrait choisir des méthodes bon marché. Elles devraient être simples quant à leur construction, avec un faible degré de mécanisation et des frais de maintien modestes. Les "méthodes bon marché de traitement d'eau usée" sont conformes à toutes ces exigences; on devrait les essayer par raisons d'économie.

2.) A partir d'écoulements de surface de terres cultivées fertilisées (rapport N° 10)

En R.D.A. on a atteint une production alimentaire intensive par la vaste utilisation dans le bassin versant d'un lac ou d'un réservoir d'engrais inorganiques et de fertilisants liquides organiques. En même temps on a développé une méthode pour réduire fortement l'eutrophisation des eaux de surface et souterraines. Le rapport de KORIATH discute comment on a réussi à faire cela.

Si, dans l'agriculture, il devient inévitable de se servir de méthodes intensives pour atteindre une production alimentaire élevée, on ne peut pas empêcher une perte de N dans le sol. Mais on peut amoindrir ces pertes, si on poursuit une politique raisonnable, coordonnée avec les ministères d'agriculture, d'économie de l'eau et d'environnement.

Des règlements analogues peuvent être élaborés pour chaque pays où l'on se sert de méthodes intensives dans l'agriculture dans le but d'élever la production alimentaire. Il faut étudier exactement l'inclinaison des terres, le niveau de la nappe d'eau

souterraine et la position des eaux de surface.

3.) A partir d'écoulements de régions forestières au sein
des bassins versants (rapport N° 9)

KOCAN (Pologne) discute les effets toxiques de l'application d'engrais pour améliorer la croissance de bois d'ouvrage dans le cas d'une utilisation intensive d'engrais minéral qui contient des sels de N, de P et de K. Après chaque pluie, les résidus de ces engrais sont emmenés vers les lacs et les fleuves ce qui mène à une eutrophisation des eaux de surface. La contamination toxique de l'eau souterraine peut, en plus, devenir un danger extraordinaire pour l'environnement. Il faut donc prendre dans les régions forestières des mesures appropriées après avoir effectué des études scientifiques en vue de la protection des eaux de surface.

Dans des régions montagneuses, dans des forêts avec des sols fort poreux, des forêts qui se trouvent près des lignes de partage de l'eau ainsi que des régions forestières qui retiennent l'eau, il ne faudrait pas utiliser d'engrais minéraux. On devrait planter les pentes de rivage où il n'y pas de forêt avec des herbes et des buissons.

Il est nécessaire d'installer, à des distances appropriées, des appareils pycnométriques dans des régions forestières fertilisées avec un haut niveau de nappe d'eau souterraine. On devrait prendre des échantillons de terre et d'eau à des fins d'analyse pour constater les changements des propriétés de l'eau, du sol et des plantes. On devrait se servir des résultats d'analyse pour corriger la relation entre l'utilisation d'engrais et les conditions de sol ainsi que pour se servir le

plus possible du taillis en vue de la commande de la teneur en azote du sol et pour diminuer l'importation de substances nutritives. Ainsi on peut créer les conditions préliminaires à l'absorption complète de l'eau par le sol. Voilà pourquoi, pour ne pas exposer les ressources en eau, il est indispensable d'entreprendre de vastes recherches dans le domaine de l'hydrologie, de la physiologie, de la sylviculture et de l'utilisation d'engrais dans le cas où on envisage de fertiliser des régions forestières. Ces mesures valent d'être adoptées dans d'autres pays pour des régions forestières qui se trouvent dans les bassins versants de lacs ou de fleuves.

4.) De tout le bassin versant (rapport N° 2)

REDSCHILD (R.D.A.) a discuté jusqu'à quel point un barrage-réservoir servant de source de l'approvisionnement en eau brute, pourra être pollué par des eaux usées domestiques et des eaux d'écoulement agricoles et forestières. L'étude fut faite sous l'aspect de la substance nutritive-clé P et de sa teneur dans l'eau. En plus, il a examiné la relation entre les coûts entraînés par des mesures d'assainissement, et ceux qui se présenteraient pour le traitement de l'eau destinée à servir d'eau potable, dans des conditions de production optimales, à l'exemple du barrage-réservoir de Rappbode en R.D.A.

b) Evaluation limnologique de lacs pour en déterminer l'état trophique et les causes de leur eutrophisation
(rapports N° 1, 4, 12, 13 et 14)

Selon le rapport N° 14 RUIZ DE LA TORRE et d'autres ont effectué des investigations limnologiques de presque tous les

réservoirs de l'Espagne pendant ces trois dernières années. On discute les résultats des investigations de 300 réservoirs en prenant en considération particulière les facteurs qui commandent la production biologique et les causes de l'eutrophisation de ces réservoirs. Selon les critères établis par VOLLENWEIDER, ils ont réparti les réservoirs en cinq groupes (répartition en eaux mésotrophes et eutrophes). Ils considèrent 20 mg/m³ de P-total et 300 mg/l de N comme limite entre les deux types d'eaux. Les auteurs arrivent à la conclusion que les causes principales de l'eutrophisation croissante des lacs artificiels de l'Espagne se trouvent dans la population croissante des bassins versants, l'élevage intensif de bétail, le long temps de séjour et les conditions de stagnation pendant la période d'été. Ils proposent de diminuer le degré d'eutrophisation par un traitement graduellement croissant de l'eau.

Dans le rapport N° 12 de PIECZYNSKA, Pologne, on discute l'effet du tourisme et de la récréation sur l'eutrophisation d'eau douce en Pologne. L'auteur propose qu'en fasse des recherches concernant les effets des différentes formes de la récréation en tenant particulièrement compte des effets négatifs du tourisme sur les eaux à cause de l'afflux d'eau usée et de la destruction de plantes aquatiques. Jusqu'à présent, on n'a pas encore étudié d'autres influences. Les zones littorales sont fort affectées. La position de centres de récréation, de hangars à canots, etc. amène certains changements de la qualité d'eau. International Water Fowl Research Bureau, IBP et MAB sont en train d'étudier ces problèmes.

Le comité national polonais de MAB étudie, au niveau national

et international, les effets de tourisme et de récréation sur les eaux. La section de hydrobiologie de l'Université de Varsovie a élaboré un questionnaire et l'a envoyé à tous les savants en Pologne et à l'étranger. Les résultats de l'analyse seront discutés pendant ce symposium. Lors d'une investigation des lacs de Masovie en Pologne, sous un aspect particulier de tourisme et de récréation, on a constaté que l'afflux d'eaux usées domestiques et industrielles a provoqué une augmentation considérable de la pollution. Les zones riveraines ont subi des dommages par l'effet des vagues et par l'huile de moteur. Plus que 50 % des lacs ont été sensiblement affectés par le tourisme, qui est limité à la période d'été.

Après cette charge de court terme, on peut constater que la détérioration de l'eau se fait plus vite que sa régénération. Aussi est-il indispensable de planifier l'utilisation des lacs et réservoirs par les touristes. Il faut prendre des précautions particulières. SZABO rend compte des conditions respectives et des exigences quant à la protection du lac Balaton en Hongrie (rapport N° 13).

Dans le rapport N° 1 de AHL on discute les résultats de recherches dans les grands lacs suédois - Vänern, Vättern, Mälaren et Hjälmaren. On examine leur état d'eutrophisation. Une quantité de 1,3 kg N par ha et année est typique pour les pertes en N dans les régions forestières, 75 % étant de nature organique et le reste du nitrate. En plus, on a enregistré une perte en P de 0,06 kg par ha et année. AHL a mesuré la charge naturelle en P et N par rapport à la profondeur moyenne des lacs. Les deux premiers lacs profonds étaient à l'origine oligotrophes et les

deux autres lacs méso- ou eutrophes. Les résultats montrent que la qualité d'eau dans les grands lacs, qu'on a examinés pendant les dix dernières années, est excellente quant aux valeurs du disque de Secchi - à savoir 15 m pour le lac Vättern et 5 m pour le lac Mälaren.

Dans le rapport N° 4 discutent ČUGUNOV et MALJUK un nouveau type d'eutrophisation dans les lacs de l'U.R.S.S., qu'ils appellent "eutrophisation anthropogène" d'eaux continentales. On rend compte de vastes travaux, en U.R.S.S., dans ce domaine et on juge nécessaire un deuxième symposium ayant comme sujet ce type d'eutrophisation. L'eutrophisation est causée par la production de substances organiques allochtones et, aussi, due à des substances organiques autochtones. L'accroissement considérable de la biomasse du phytoplancton résulte de l'influence de P, qui est amené principalement par les eaux usées, alors que N vient des bassins versants. L'auteur a effectué des recherches régionales quant à ce type d'eutrophisation en U.R.S.S. et il propose différentes mesures de contrôle.

e) Un plaidoyer pour la protection de la nature

L'auteur du rapport N° 15, qui vient de la R.D.A., se prononce en faveur de la protection et propagation, d'espèces d'oiseaux et de plantes rares, dans certains lacs et réservoirs qui sont marqués comme réserves naturelles, et qui sont d'une grande valeur culturelle. En R.D.A. on a créé des lois pour protéger, dans des régions choisies (propriété nationale), des réserves naturelles avec des plantes, des oiseaux et des animaux rares. De tels terrains sont marqués comme réserves de

nature et contrôlés par des organisations de spécialistes, qui s'occupent de la protection de la nature à partir de raisons esthétiques, scientifiques et pédagogiques.

Il y a 700 tels paysages dans leurs stades typiques de développement, dont 13 % (ou 44 réserves naturelles) sont des lacs de différentes espèces (la plupart de nature eutrophe) ainsi que des réservoirs qui servent à de multiples fins comme le canotage, des activités sportives, la pisciculture et des fins agricoles. Ils servent deux buts: primo, ils rendent possible une utilisation équilibrée des eaux pour retrouver les conditions d'existence d'avant et, secundo, ils servent de régions de la protection de la nature. Dans de tels cas, des méthodes de traitement biologique et chimique ne sont pas permises.

d) Planification, à des fins divers, des ressources en eau d'un Etat (rapports N° 7, 8, et 11)

La R.D.A. a un bilan d'eau extrêmement chargé, puisqu'elle a une grande densité de population, qu'elle est hautement industrialisée et qu'elle exploite intensivement les terres agricoles. Pour satisfaire aux demandes présentes et futures, il faut connaître les variations, conditionnées par les saisons, des ressources en eau de surface et en eau souterraine quant à leur qualité et leur quantité. Voilà pourquoi on a développé un système de contrôle des ressources en eau hautement mécanisé et intégré. On se sert de ce système depuis quelques années. Il est la condition préalable pour recevoir une information complexe et rapide dont on a besoin pour la planification à court terme, à terme moyen et à long terme.

Ce rapport de OTTO, R.D.A., traite des principes essentiels qui sont à la base du système intégré de contrôle pour le mesurage de la qualité et quantité d'eau, se référant particulièrement aux lacs et réservoirs.

C'est un système hautement compliqué et mécanisé pour le contrôle des ressources en eau, dont l'utilisation sera profitable dans les pays technologiquement avancés de l'ouest.

GRINGMUTH et ROOS décrivent dans le rapport N° 7 les ressources naturelles en eau, le développement de la demande jusqu'à 1980, la qualité de l'eau et la pollution en R.D.A. À côté de la pollution de l'eau, il y a en R.D.A. une demande en eau toujours plus grande - et quant à sa qualité et quant à la quantité. Aussi fait-on de grands efforts pour construire des installations de traitement d'eau usée qui travaillent sur une base biologique, suivies du traitement du sel pour y fixer les substances nutritives inorganiques qui sont biologiquement importantes. L'accroissement des frais de traitement est le résultat de la pollution chimique des eaux. Voilà pourquoi il faut planifier l'économie d'eau de cet Etat d'une façon centralisée pour satisfaire aux demandes croissantes de la population. Une planification de l'économie d'eau à long terme, qui comprend une coopération étroite avec la planification dans le domaine de la protection de l'environnement et de la nature, est absolument nécessaire.

HEROLD et BARTHELMES, R.D.A. (rapport N° 8), ont développé une conception pour étudier la contribution que la pisciculture peut fournir pour résoudre le problème de l'eutrophication. On propose de mettre des poissons dans les eaux

avec un spectre de nutrition différent pour mieux utiliser le potentiel biologique de l'eau eutrophiée et améliorer en même temps la qualité de l'eau. On a essayé de faire d'une pierre deux coups. Dans l'Etat de Madras (aujourd'hui Tamil Nada) on essaie d'augmenter la production de poissons en mettant des poissons de surface, des poissons pélagiques et des poissons de fond dans les étangs afin d'atteindre une production maximale. En général, on met dans un étang 50 % de poissons de surface, 25 % de poissons pélagiques et 25 % de poissons de fond. MACAN et d'autres (1942) a proposé une formule pour calculer la quantité totale des poissons qu'il faudrait mettre dans un étang. On peut se servir de la même formule en R.D.A.

Est-ce que des poissons polluent l'eau? Normalement les poissons passent pour les victimes malheureuses de la pollution de l'eau. Dans quelles conditions, le poisson, peut-il être une source de la pollution de l'eau? Des savants de l'Université de Georgie, sous le patronage de SERL, se sont occupés de cette question.

e) Sur la réutilisation d'eaux usées (rapport N° 6)

Tôt ou tard, la population mondiale, qui présente une quote-part de croissance de 1,7 % par année, sera confrontée avec une pénurie sérieuse en eau dont il faut chercher les causes dans la croissance explosive de la population et le développement progressif de l'agriculture et de l'industrie. En plus, l'eutrophisation croissante d'eaux de surface et d'eaux souterraines ne réduit pas seulement les ressources existantes en eau douce, mais en amoindrit aussi la qualité. Le traitement des eaux polluées demande des procédés d'épuration

coûteux et compliqués.

Pour préserver l'humanité de la situation de catastrophe qui menace dans les cinquante années à venir, il est indispensable de chercher de nouvelles ressources d'approvisionnement en eau: p. ex. en utilisant les montagnes couvertes de neige et les icebergs, en épurant de l'eau de mer et de l'eau saumâtre, par la production de pluies artificielles, par le changement du climat, par le contrôle de l'utilisation des ressources en eau existantes d'approvisionnement par voie d'une planification détaillée, ou par la réutilisation de l'eau - le plus souvent possible - soit à la même soit à une autre fin.

Ce programme est déjà en voie de développement dans quelques régions de nord-est et d'est moyen ainsi que dans des pays occidentaux. Des pays qui ne disposent pas de ressources d'eau suffisantes ont fait des efforts sérieux pour transformer de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre en eau douce. Les méthodes dont on peut se servir dans ce but sont: distillation, congélation, hydratation, osmose réversible et électrodialyse.

La réutilisation de l'eau résiduaire fut déjà prévue en 1931 par K. IMHOFF, qui a montré les possibilités et les limites du cycle eau - eau usée. Selon lui, pour son approvisionnement régulier d'eau, une ville n'a besoin que de 10 % de la quantité rassemblée d'eaux usées comme eau pure; étant donnée la possibilité de satisfaire aux besoins restants par ses propres eaux usées.

Une étude de la situation actuelle dans les pays hautement industrialisés de l'ouest montre que, du point de vue technique,

il est possible de réutiliser de l'eau usée après son épuration et sa régénération naturelle ou artificielle. La recherche nous en a aussi fourni la preuve de la récirculation complète par l'approvisionnement d'eau des cosmonautes. Voilà pourquoi il faut, dans l'avenir, utiliser systématiquement des méthodes toujours plus sûres pour l'épuration et la régénération des eaux usées. Des eaux usées deviendront une ressource importante pour l'approvisionnement en eau potable, en eau pour l'agriculture et l'industrie, comme, en R.D.A., c'est déjà le cas aujourd'hui.

Dans les pays techniquement avancés de l'ouest, des quantités toujours plus grandes d'eaux usées domestiques et/ou industrielles sont introduites dans les fleuves, lacs et réservoirs et il ne se fait qu'une dilution insuffisante. Les procédés conventionnels de traitement d'eau usée ne sont pas à même de traiter efficacement les substances nutritives inorganiques d'importance biologique, si bien que, quand celles-ci passent dans les eaux, elles causent l'eutrophisation. Voilà pourquoi on essaie d'éliminer la substance nutritive principale, P, des eaux usées.

Lors du traitement final d'eaux usées, on se sert de plus en plus d'un échelon de traitement additionnel qu'on connaît comme "polissage" ou traitement tertiaire. Les formes les plus importantes d'un tel traitement sont: traitement en lagunes, filtration intermittente rapide, microfiltration, filtration lente, traitement dans des pelouses (non pas irrigation de terres), etc. Parmi toutes les méthodes nommées le traitement en lagunes dans des étangs dits de "maturation" est la plus

économique. Mais on peut seulement l'appliquer là où terre est bon marché et les conditions climatiques sont favorables, là où les charges organiques varient beaucoup et où les ressources pécuniaires sont limitées. Ces conditions existent dans les pays tropicaux comme en Afrique, au Moyen-Orient et à l'Extrême-Orient.

Des systèmes d'étangs de maturation sont utiles pour amoindrir l'eutrophisation de fleuves, lacs et réservoirs jusqu'à présent non-contrôlée qui reçoivent des eaux usées épurées, et ils servent différentes fins utiles. L'eau usée introduite dans les étangs de maturation devrait déjà être traitée dans des installations de traitement d'eau usée conventionnelles ou dans une chaîne d'étangs de stabilisation. Dans les étangs de maturation, l'épuration s'effectue surtout sous l'aspect de la qualité bactériologique de l'eau. TAYLOR, l'ancien directeur de l'office municipal d'eau de Londres, a résumé les résultats de ses recherches pendant trois années, concernant le traitement en lagunes d'une eau usée partant des installations conventionnelles de traitement d'eau usée à Rye Meads, Hertfordshire, Angleterre. Une partie de l'eau usée complètement traitée a été passée par trois lagunes basses d'une profondeur entre 1,5 et 3,5 m, qui travaillaient en chaîne et qui avaient une capacité d'eau de 30 millions de gallons (136.000 m^3) avec une capacité de passage de 1,5 millions de gallons par jour ($6.800 \text{ m}^3/\text{d}$). Il en a résulté un temps de séjour de trois jours dans la première lagune, de cinq jours dans la deuxième et de neuf jours dans la troisième, avant que l'eau ait été introduite, dans la Tamise après 17 jours. Les résultats ont été fort

satisfaisants. On avait produit une eau finale avec un standard de qualité comparable à celui d'une bonne eau de fleuve. Les lagunes ont agi comme un "amortisseur" entre l'installation de traitement et le fleuve. Cela a rendu possible en plus la protection des poissons contre des substances nuisibles. Un trait particulier du traitement en lagunes consiste dans le fait que l'eau usée introduite dans le fleuve est tout à fait oxygénée, ce qui permet d'éviter des effets nuisibles à la pisciculture. Un autre trait du traitement en lagunes est la réduction des bactéries fécales de 99,5 %. Les agents pathogènes du groupe de Salmonella avaient pratiquement disparu après le passage des lagunes.

Occasionnellement, on a aussi isolé des entérovirus de l'eau usée de l'installation, on ne les a trouvés, pendant toute la période de trois ans, que dans deux échantillons pris dans la troisième lagune.

Des ingénieurs d'hygiène des Etats-Unis tirent déjà en considération d'abolir complètement le trou qui existe entre la fin du traitement de l'eau usée et le début de l'alimentation en eau, si bien que, dans une ville, il devrait être possible de produire, à partir des eaux usées municipales, une eau apte à un traitement ultérieur dans la même usine d'eau et destinée à l'approvisionnement domestique.

f) Sur le contrôle de plantes aquatiques (rapport N°3)

Dans le rapport N° 3 BISWAS discute le caractère essentiel et l'ampleur du problème de la lutte contre des plantes aquatiques dans des eaux de surface en Inde. Il propose une

méthode intégrée de contrôle des plantes aquatiques et leur emploi à des fins utiles.

Le contrôle des plantes aquatiques est un problème sérieux à travers tout le monde. Quelles sont les armes dont nous disposons à l'heure actuelle pour ce contrôle? C'est un problème important qui doit être étudié. Quelque 70 % des plantes aquatiques flottant librement peuvent être détruites par l'emploi de 2,4 D, M.C.P.A., grammoxone et diquate. L'utilisation d'acroléine contre des plantes riveraines et des plantes aquatiques submerses montre de bons résultats. Dans le cas de mesures de contrôle chimiques dans les pays en voie de développement, ces méthodes devraient être développées dans les pays en voie de développement mêmes. Des doses de 12 - 15 % d'ammoniac tuent 90 % de toutes les plantes submerses. On a trouvé une solution aqueuse de kérosène, d'urée et de savon qui semble hautement efficace dans la destruction de la salvinie (*Salvinia*). Les recherches ont également révélé que les plantes enracinées dans le sol, ne poussent pas s'il n'ont pas été submergées du moins six mois en permanence.

La destruction manuelle ou mécanique des plantes aquatiques est plus utile si l'on peut faire quelque chose de rationnel avec la matière déperissante. La méthode la plus prometteuse semble être le contrôle biologique. On croit savoir que le lamantin, grand animal herbivore, broute la jacinthe aquatique. Un canard de paysan de provenance anglaise, "Khaki Campbell", mangerait la salvinie. Des carpes se sont montrées prometteuses en broutant des plantes aquatiques submerses. Deux charançon, deux lépidoptères et une mite qui attaquent la jacinthe aquatique;

une sauterelle semi-aquatique et un insecte perceur se sont montrés efficaces lors, de la lutte contre des plantes aquatiques. Mais les mesures de contrôle ne peuvent pas être employées de façon universelle. Il est donc nécessaire de poursuivre les recherches de contrôle biologique.

Résumé

Les responsables de l'économie d'eau réalisent de plus en plus que et des hydrophytes et des algues microscopiques, qui existent dans un même environnement, sont très importants, jusqu'à un certain point, pour l'amélioration de la qualité d'eau. Tout ce qui dépasse ce point, est indésirable. Nos connaissances quant aux besoins en substances nutritives des plantes aquatiques sont très faibles; les frais pour des mesures de lutte semblent être très hauts. L'état d'information quant aux plantes aquatiques et la croissance d'algues se trouve encore à un niveau très bas, bien qu'on ait déjà proposé beaucoup de méthodes visant la lutte contre elles. Aucune des méthodes qu'on a proposées montre des propriétés excellentes pour un emploi universel. On a proposé toute une série de méthodes mécaniques telles que de rincer un lac avec de l'eau pure, d'introduire de l'eau de surface dans les couches près du fond, d'abaisser temporairement le niveau d'eau et d'évacuer l'eau de hypolimnion. Les méthodes proposées comprennent aussi l'emploi de limaces, de crustacés, de carpes, de mammifères, de canards et de scarabées. A la lutte chimique on propose des herbicides comme p.ex. 2,4-D, M.C.P.A., diquate, etc. 99 % des mesures de lutte comprennent la réduction de la substance nutritive P dans un lac ou à l'extérieur de celui-ci.

L'état actuel du contrôle des plantes aquatiques et des algues demande encore plus de recherches pour trouver un procédé englobant, tout à fait intégré et économique qui permette de résoudre les problèmes. Il ne sera pas possible d'établir un contrôle pratique, si on ne se décide pas à effectuer de vastes recherches de base. Il faut une meilleure connaissance des causes de la fleur d'algues et il est indispensable de mettre sur pied des modèles d'ensemble de l'environnement, qui tiennent compte des variables de l'environnement, avant de prendre des mesures de contrôle. La lutte contre des algues et des plantes aquatiques n'est pas seulement un problème d'intérêt purement scientifique, mais c'est aussi un problème pratique dont, partout dans le monde, on demande la solution.

Voilà pourquoi il faut mener à bien, sous l'égide de l'UNEP, dans des instituts de recherche qu'on a fondés particulièrement à cette fin dans les régions les plus diverses du monde, des recherches dans le domaine de l'économie d'eau, du contrôle de l'eutrophisation et de l'éducation des hommes des couches de population les plus diverses.

L'EUTROPHISATION DES GRANDS LACS SUÉDOIS - SENSITIVITÉ, ÉTAT ET
AVENIR

T. AHL
Swedish Environment Protection Board, Limnological Survey,
Uppsala
Suède

Le texte revu par l'auteur ne nous est pas parvenu avant la mise
sous presse.

EXPLOITATION COMPLEXE DES BASSINS VERSANTS DE BARRAGES ET PREVEN-
TION DE L'EUTROPHISATION

E. BEUSCHOLD

VEB Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz, Zentrallabor Wienrode/
Harz

République Démocratique Allemande

Résumé

Le système des barrages, aménagé dans le Harz oriental, se prête à soulever la question si, et dans quelle mesure, il est nécessaire - pour l'alimentation en eau potable - d'empêcher ou de limiter l'eutrophisation des réservoirs. Le bilan de phosphore établi pour le barrage Rappbode et son bassin versant, sert de base à dégager les possibilités d'influer sur l'apport de substances nutritives dans le réservoir, et à analyser l'efficacité.

Atteignant $1,8 \text{ gP/m}^2 \cdot \text{a}$, la teneur en phosphore de l'eau dans le réservoir Rappbode est très élevée. 66 pour-cent du phosphore entrant dans celle-ci, proviennent des eaux résiduaires locales et 34 pour-cent d'érosion du sol. La part agricole dans l'importation de phosphore se situe autour de 9 pour-cent. En prenant et appliquant d'amples mesures d'assainissement dans le bassin versant et en investissant environ 92 millions de marks, on pourrait réduire la charge totale de phosphore dans le réservoir de 0,19 à $0,12 \text{ gP/m}^2 \cdot \text{a}$.

La comparaison économique entre les dépenses à effectuer pour les mesures d'assainissement et la diminution, obtenue par celles-ci, des frais de traitement des eaux signale le rapport dépenses/rendement, défavorable, de 26:1.

La discussion est centrée sur la question: "retenue maximale des substances eutrophisantes ou optimisation du rapport entre les mesures d'assainissement à prendre au bassin versant, et la dépense technique nécessaire pour le traitement des eaux." Un barrage-réservoir d'eau potable peut être qualifié d'installation technique dont la capacité de charge, concernant l'eutrophisation

peut être utilisé économiquement jusqu'à un degré déterminé. La pensée économique prévaudra progressivement dans le domaine de l'eutrophisation, notamment dans le contexte de l'alimentation en eau potable tirée des barrages-réservoirs. Il importera alors de réunir et d'harmoniser optimalement les mesures d'assainissement à prendre au bassin versant, les mesures de secours dans le barrage-réservoir même; et les possibilités qu'offre la technique du traitement des eaux.

1. Problématique

De 1952 à 1961, on a construit, dans le Harz, le barrage Rappbode précédé d'un système d'avant-barrages. La tâche principale en est de fournir de l'eau brute destinée à l'alimentation en eau potable. Son bassin versant s'étend sur 270 km², dont 227 km² de terrain boisé et environ 42 km² de terres agricoles (prairies et champs). Les affluences traversent 10 localités comptant au total 20.700 habitants. Il faut y ajouter les 10.000 vacanciers de sorte que la densité de population s'élève à 116 pers./km². Les 9 localités situées sur le territoire de la République Démocratique Allemande, disposaient d'installations centrales d'alimentation en eau. Il n'existait ni de canalisations centrales ni d'installations d'épuration des eaux résiduaires. La plus grosse partie des eaux ménagères et des écoulements routiers et agricoles s'en allait cependant dans les affluences. Et il s'esquissait la tendance qu'en dehors des institutions de récréation, les habitants des localités eux-mêmes se mettaient à monter d'installations d'épuration domestiques pour assainir individuellement des eaux résiduaires et améliorer ainsi les conditions sanitaires de leurs terrains. Toutefois, la prise de ces mesures aboutit à l'accroissement de l'apport de phosphore dans le réservoir. Il s'y ajoutait l'emploi croissant d'engrais et la forte concentration de l'élevage de bétail dans le cadre de la transformation socialiste de l'agriculture en voie d'industrialisation.

Cette situation faisait naître la question de la nécessité et de l'ampleur des mesures d'assainissement dans le bassin versant pour prévenir un excès d'eutrophisation au barrage-réservoir Rappbode.

On ne visait d'ailleurs guère, à priori, à créer, en prenant des mesures d'assainissement, des conditions oligotrophes dans le réservoir. On cherchait plutôt à limiter le taux de trophie à tel point que l'eau du réservoir, traitée à l'aide de la technologie installée dans les usines d'eau, peut toujours être préparée en eau potable de qualité impeccable. Cet objectif a été à l'origine de la préparation du programme complexe d'assainissement suivant:

- La prise de mesures d'assainissement devra permettre aux localités de moderniser les conditions sanitaires sans que pour autant ne soit accru l'apport de phosphore dans le réservoir Rappbode.
- La construction de canalisations centrales et d'installations d'épuration biologique, suivies de la troisième phase de purification pour éliminer le phosphore, au bénéfice des communes de Hasselfelde, Stiege, Benneckenstein et Trautenstein, dans le bassin versant partiel des cours d'eau Rappbode et Hassel.
- L'abandon de l'exploitation des eaux retenues dans les deux avant-barrages (Hassel et Rappbode) afin d'obtenir dans les deux réservoirs, par la mise en eau à plein et en permanence, le maximum d'élimination de phosphore.
- Introduction des mesures au secteur coopérative et national de l'agriculture, afin de limiter le délavage de phosphore des surfaces exploitées, en garantant entièrement la production agricole.
- L'assainissement des fermes à élevage individuel.
- La détermination de zones de protection en fonction des dispositions légales.

On a procédé à une série d'études afin de découvrir l'efficacité des mesures d'assainissement des eaux résiduaires, l'influence des avant-barrages sur l'apport de phosphore et les dimensions de délavage du phosphore des surfaces agricoles et sylvicoles. Puis, on a essayé de mettre en parallèle l'effet d'assainissement et les frais d'assainissement relatifs et de comparer économiquement ces frais d'assainissement avec les frais de traitement de l'eau potable.

2. Le système des barrages

Refoulé par un mur de barrage en béton, haut de 106 m, le réservoir 'Rappbode' est profonde de 85 m (niveau normal) et longue de 8 km. C'est un lac de cassis prononcé. Erigés sur la Rappbode et la Hassel, les avant-barrages ont environ 14 m de profondeur. Ils servent à la pré-épuration des eaux d'affluents. Pour capter les ondes de crue extrêmement hautes qui descendent du Brocken on a construit un réservoir de défense contre les crues sur le cours d'eau 'Kalte Bode'. En aval du confluent des 'Warme Bode' et 'Kalte Bode', un barrage-déversoir élève le niveau du cours d'eau au point qu'une galerie d'amenée d'eau permet de déverser environ 50 pour-cent de son affluence annuelle dans le réservoir.

En aval de l'embouchure de la Rappbode, la vallée de la Bode a été barrée par un deuxième mur de barrage. Le lac de ce réservoir de Wendefurth s'étend jusqu'au pied du barrage Rappbode. Le réservoir de Wendefurth n'est pas intégré au système des réservoirs servant à l'alimentation en eau potable. Il sert à la protection contre les crues, l'élévation des basses eaux et la production d'énergie électrique, puis au tourisme, à la récréation et à la pisciculture (truites).

Le tableau 1 présente les données essentielles du barrage Rappbode et des avant-barrages, concernant les problèmes d'eutrophisation.

Tableau 1: Conditions hydrologiques dans les retenues d'eau à barrage normal ou à débit moyen des affluents

	Alti- tude (m)	Volume de bar- rage (hm ³)	Sur- face du lac (ha)	Hauteur de barr. (m)	Profon- deur moy. (m)	Temps de séjour (d)
Retenue d'eau Rappbode	422,2	103,4	365	83	28,0	370
Avant-barrage de la Hassel	433,0	1,5	26	14	5,6	29
Avant-barrage de la Rappbode	439,0	1,5	23	15	6,4	29
Barrage-déversoir	423,2	1,2	29	9	4,2	4
Réservoir de dé- fense contre les crues	454,0	0,5	12	9	4,3	7

3. L'apport de phosphore dans la retenue d'eau

3.1. Bases de calcul

Dès 1959, on a fait des études concernant la teneur en phosphore dans le bassin versant du barrage Rappbode et l'influence à exercer sur le transport du phosphore dans le système des réservoirs (1), (2), (3), (4), (5). Les résultats ont fourni les données suivantes, réunies au tableau 2:

Tableau 2: Débit annuel de phosphore de surfaces d'exploitation différente et celui de localités assainies et non-assainies

1. Débit des surfaces	Phosphore total kg P/ha.a	Ortho-phosphate kg P/ha.a
Surfaces sylvicoles	0,126	0,037
Prairies, expl. extensive	0,180	0,074
Prairies, expl. intensive	0,552	0,274
dont part naturelle	0,124	0,037
dont part d'expl. agricole	0,429	0,237
2. Débit des localités	Phosphore total kg P/E.a	Orthophosphate kg P/E.a
Localité non-assainie (alimentation centrale; nulle canalisation)	0,11	0,04
Localité assainie (canalisation centrale et épuration biologique)		
- arrivée à l'install. d'épur.	0,90	
- sortie de l'install. d'épur.	0,56	0,40
Localité assainie, avec bassins de clarification secondaires	0,28	0,22

Les chiffres indiqués au tableau 2 et concernant le débit de phosphore des surfaces agricoles, n'englobent pas les terres arables qui, au bassin versant, ne se situent que sur la hauteur des collines et sont toujours séparées des affluents par de vastes espaces verts. Au bassin versant, on fertilise actuellement les

terres agricoles en distribuant en moyenne 120 kg N/ha.a et 28 kg P/ha.a. Les chiffres indiqués au tableau et concernant le débit des surfaces, ont été calculés à partir de valeurs moyennes. Ils ne doivent pas faire oublier que les dimensions du débit de substances nutritives diffèrent sensiblement, d'année en année, en fonction des conditions hydrologiques et surtout selon l'écoulement des eaux de fonte de neige. En moyenne, 88 pour-cent du débit total de phosphore se produit entre octobre et mai.

Le débit de phosphore (cf. partie 2 du tableau) provenant des bassins de clarification secondaires - une forme de la 3^e phase de purification pour éliminer les substances nutritives - est encore relativement élevé, les bassins accusant par moments des réductions d'oxygène. Des quantités de phosphore déjà retenues sont alors de nouveau libérées. Des installations d'aération permettront certainement d'augmenter l'élimination de phosphore.

Les deux systèmes en place consistent en deux cascades de 4 resp. 5 bassins où les eaux résiduaires, biologiquement clarifiées, séjournent entre 30 et 40 jours.

Voici l'élimination de phosphore totale dans les avant-barrages:

<u>Avant-barrage</u>	<u>Elimination en %</u>
Avant-barrage de la Hassel	58
Avant-barrage de la Rappbode	58
Réservoir de protection contre les crues	25 (octobre-mai)
Barrage-déversoir	17 (octobre-mai)

Pour les deux derniers barrages, l'élimination est indiquée pour la période d'octobre à mai parce que c'est l'espace de temps principal du transfert d'eau effectué de la Bode dans le réservoir Rappbode.

3.2. Le bilan de phosphore

Bénéficiant des résultats obtenus (cf. chapitre précédent), on se mettait à calculer un bilan de phosphore total pour le système des barrages du Harz oriental et son bassin versant. Le résultat

en est le graphique de la figure 1. La figure fait apparaître, en diagramme-bilan, le transport annuel moyen en phosphore total et sa modification par l'impact des mesures d'assainissement, des avant-barrages et l'évacuation d'une partie de l'eau de la Bode, par le canal du barrage-déversoir, à l'extérieur du bassin versant.

La quantité du phosphore transporté est subdivisée en parts d'origine différente: eaux résiduaires locales; délavage naturel; débit de phosphore par exploitation agricole. La quantité est représentée en méga-gramme-poids P/a, les chiffres absolus étant portés, en complément, au diagramme. On remarque tout de suite à quel point la part de phosphore totale des eaux résiduaires locales est prédominante.

Dans la quantité primaire (I) de 26,86 Mp P/a, environ 82 pour cent proviennent des eaux résiduaires, 11 pour-cent des surfaces sylvicoles, 5 pour-cent des terrains d'exploitation agricole. Le reste de 2 pour-cent est le débit en P naturel des terres agricoles qui se produit toujours, même sans exploitation intensive. La quantité primaire du phosphore des eaux résiduaires est celle qui s'accumule dans les installations de clarification des localités assainies, en y ajoutant le débit annuel en P des localités non-assainies dans les cours d'eau. Les logements de 75 pour-cent des habitants et vacanciers séjournant dans le bassin versant, sont actuellement raccordés aux canalisations centrales équipées d'installations de clarification biologique. L'action de ces installations de clarification réduit la quantité primaire de P, provenant des eaux résiduaires, de 36 pour-cent, et la quantité primaire totale de 29 pour-cent (II).

Environ 45 pour-cent des eaux résiduaires accumulées dans les localités équipées d'une canalisation et d'une installation de clarification biologique subissent, après passage dans l'installation de clarification, un processus supplémentaire d'élimination de P dans les deux systèmes de bassins secondaires à Hasselfelde et à Benneckenstein. Malgré le degré de raccordement relativement faible aux bassins, la quantité de phosphore provenant des eaux résiduaires, se réduit d'autres 13 pour-cent. La réduction de la

quantité totale de phosphore est alors de l'ordre de 10 pour-cent.

Les plans IV, V et VI du diagramme-bilan (fig. 1) révèlent l'impact des avant-barrages. Ici, le phosphore provenant de la dénudation des surfaces entre également en considération. Suite aux temps de séjour fort différents (cf. tabl. 1), ces barrages ont aussi des conduites différentes d'élimination de P. Par ailleurs, les quantités d'affluence totale acheminées vers le réservoir Rappbode et passant ces barrages, diffèrent les unes des autres. Ce sont 14 pour-cent au réservoir de défense contre les crues, 53 pour-cent au barrage-déversoir, 37 pour-cent aux deux avant-barrages de la Hassel et la Rappbode.

La réduction de la quantité primaire totale du phosphore se produit au réservoir de défense contre les crues à raison de 0,7 pour-cent, au barrage-déversoir à raison de 5,4 pour-cent et aux avant-barrages (Hassel, Rappbode) réunis à 16 pour-cent.

Alors que l'eau entrant dans les avant-barrages (Hassel, Rappbode) s'écoule en totalité dans le réservoir Rappbode, celle qui arrive au barrage-déversoir y est acheminée par la galerie qu'à raison de 54 pour-cent (VII). Les autres 46 pour-cent s'en vont dans le cours d'eau de la Bode. Et cette quantité d'eau évacue aussi une partie du phosphore ce qui fait que d'autres 14 pour-cent de la quantité primaire de phosphore sont tenus à l'écart du réservoir Rappbode.

L'ensemble des mesures hydrauliques précitées qui servent, soit exclusivement, soit secondairement à éliminer le phosphore, permet donc de réduire la quantité primaire de phosphore s'accumulant annuellement au bassin versant, d'environ 26,9 à 6,42 Mp P avant qu'il n'entre dans le réservoir Rappbode. Ceci correspond à une réduction de 76 pour-cent à peu près.

La part en P provenant des eaux résiduaires, subit une réduction plus forte que celle provenant de la dénudation des surfaces. Si la quantité primaire accusait 82 pour-cent de P des eaux résiduaires, l'apport total s'en réduit à 66 pour-cent à l'entrée dans le réservoir Rappbode. Le pourcentage provenant de l'exploitation agricole passe de 5 initialement à 9 à l'entrée dans le réservoir.

La fig. 1 - diagramme-bilan - indique encore la quantité de phosphore réévacuée du réservoir Rappbode (VIII). Cette quantité (moyenne) a été calculée à partir des mesurages et analyses couramment effectués dans l'eau brute prélevée dans le réservoir. En comparant cette quantité de phosphore évacué - 3,1 Mp P - avec l'entrée annuelle moyenne - 6,42 Mp P -, on trouverait que la quantité totale de phosphore éliminé du réservoir Rappbode, s'élève à environ 52 pour-cent.

4. Le développement planctonique

Dans le réservoir d'eau Rappbode, les études, prolongées sur plusieurs années, ont attribué au phosphore la qualité d'une substance minimum limitant la production phytoplanctonique.

Si le développement planctonique ne doit prendre que des dimensions faibles, l'apport de phosphore dans le réservoir ne devra pas dépasser une mesure déterminée.

VOLLENWEIDER (6) a établi un secteur limite entre un lac oligotrophe et un lac eutrophe, dans sa dépendance de la profondeur d'eau moyenne, pour la charge avec du phosphore biologiquement actif. Il établit la relation entre l'apport annuel de P et la dimension de la surface du lac. La charge de la surface est indiquée en g P/m².a. En fonction de ce calcul, la "charge tolérable" pour le réservoir Rappbode s'élèverait à 0,2 g P/m²; la "charge dangereuse" commencerait dès 0,4 g P/m². Si l'apport total de phosphore - établi au bilan de phosphore - dans le réservoir Rappbode s'élève à 6.420 kpP/a, il en résulte une charge de surface de 1,76 g P/m².a. Même si l'on suit les suppositions de GÄCHTER (7) qui dit que ce n'est, éventuellement, que la moitié du phosphore total amené qui est "biologiquement actif", la charge de phosphore dans le réservoir Rappbode s'élève toujours à plus du double de la "charge dangereuse"; elle se situe donc nettement dans le secteur eutrophe.

IMBODEN (8) associe à son modèle de phosphore la charge hydraulique du lac pour tenir compte non seulement de la profondeur moyenne du lac mais aussi de la durée moyenne du séjour de l'eau dans celui-ci. En appliquant ces relations, on établit un "maximum de

charge tolérable" d'environ 0,2 g P/m².a. Le réservoir Rappbode réagit à cet apport élevé de phosphore, en effet, par la prolifération planctonique. Les diatomées y sont dominantes. Le maximum enregistré jusqu'à présent, apportait, en avril 1968, 40.000.000 cellules de l'algue siliceuse *Asterionella formosa* par litre d'eau d'épilimnion. Ce qui est égal à un volume de 30 mm³/l et à un poids vif d'environ 30 mg/l.

Jusqu'ici, la charge de phosphore dans le réservoir différait d'une année à l'autre. C'est, d'une part, la conséquence des situations hydrologiques changeantes (au moins en partie), et d'autre part, la dépendance des mesures d'assainissement qui se fait sentir dans le bassin versant. La fig. 2 révèle cette situation à l'exemple de la concentration orthophosphatique dans le réservoir, à la fin de la circulation pleine de printemps au cours des 13 ans qui se sont écoulés entre 1963 et 1975. La tendance ascendante reflète l'augmentation progressive du taux de raccordement des terrains à la canalisation mise en place dans les localités situées dans le bassin versant partiel 'Rappbode-Hassel'. Après l'achèvement des assainissements locaux, les dernières années semblent nous avoir valu une tendance décroissante dans la concentration de phosphate. Sans que l'on puisse déjà apporter certaines preuves à l'appui de cette supposition, on pourrait y voir d'ores et déjà les premiers résultats d'autres efforts d'assainissement engagés dans le bassin versant. Ce sont e.a. le début d'optimisation du moment de répandage d'engrais, l'épandage du lisier en dehors du bassin versant, l'introduction d'améliorations aux bassins secondaires, les modifications apportées au barrage-déversoir pour intensifier l'élimination de P. Si l'on met en parallèle cette image de la concentration de phosphate et le diagramme de colonnes pour la quantité du plancton hypolimnique (fig. 2), il semble exister un rapport évident entre les deux. En principe, les modifications intervenant dans la biomasse des diatomées, révèlent la même tendance que celles de la concentration de phosphate. Si l'on compare p. ex. les deux périodes (de cinq ans chacune) de 1963-1967 et 1969-1973, il en résulte un accroissement de la concentration de phosphate à 330 pour-cent. La moyenne du volume hypolimnique de diatomées se multipliait par 8,4. Et à la baisse de la con-

centration de phosphate, observée les dernières années, répond également une diminution du volume moyen hypolimnique des diatomées.

5. Problèmes économiques de l'eutrophisation et de l'assainissement

Il se pose maintenant la question, déjà formulée au début, du degré admissible d'eutrophisation du réservoir ainsi que de la nécessité de prendre des mesures d'assainissement supplémentaires. Il faut alors répondre aux questions partielles que voici:

- Quels sont les désavantages qui résultent du dépassement excessif de la charge de phosphore tolérable et même dangereuse (VOLLENWEIDER) pour la qualité d'eau dans le réservoir Rappbode et pour le traitement de l'eau potable?
- Faut-il prévoir une réduction de la charge de phosphore, actuellement enregistrée dans le réservoir?
- Quelles sont les mesures réalisables à prendre pour réduire l'apport de phosphore dans le réservoir et quelle en est l'efficacité?

Primo:

Il importe tout d'abord de connaître la dimension de la teneur en plancton dans l'eau brute prélevée dans le réservoir pour le traitement de l'eau potable. La fig. 2 en donne des informations notamment par les moyennes mensuelles du volume du plancton hypolimnique (diatomées), mesuré dans l'eau brute. Ce sont les moyens mensuels les plus élevés, enregistrés, les années durant, dans la période d'avril à octobre.

Le poids spécifique du plancton étant d'approximativement $1,1 \text{ mm}^3$ de volume correspond environ à 1 milligramme de plancton, poids vif, resp. à 0,1 mg de substance organique pour les diatomées et environ 0,2 mg de substance organique pour d'autres algues planctoniques. La moyenne mensuelle la plus élevée jusqu'à présent était (fig. 2) de l'ordre de 7 mm^3 de diatomées par litre d'eau brute. C'était en mai 1973. Dans l'espace des dix dernières années, la valeur journalière la plus élevée de la teneur en plancton hypolimnique se situait à $11,3 \text{ mm}^3$ Arterionella/l. Ces quan-

tités ne créaient nulles difficultés dans le traitement de l'eau potable effectuée à l'aide de la technologie traditionnelle (filtrage à sulfate d'aluminium; filtres rapides ouvertes à 3,2 m/h de vitesse de filtrage; 1,5 - 2,0 mm de granulation; addition de 3 g de poudre de charbon actif par m³ d'eau brute). La durée du filtrage pour 11,3 mm³ de plancton par litre s'étendait toujours sur 50 h environ. Dans cet espace de temps, on a relevé dans l'épilimnion un maximum de 32 mm³ de diatomées par litre. Les organismes planctoniques, dans les circonstances, n'ont donc pas encore d'action désavantageuse sur la préparation de l'eau potable. C'est ce qui vaut également pour les incidents observés dans le réservoir Rappbode, du développement planctonique: diminution de la teneur en oxygène; concentration accrue du gaz carbonique et du manganèse dans l'hypolimnion; apparition de substances d'odeur et de goût agressifs dans l'eau brute. Les premières années mises à part, la teneur en oxygène n'a jamais été inférieure à 2 mg O₂/l à l'endroit le plus profond du lac. Dans les couches entre 20 et 60 m de profondeur, la concentration O₂, à la fin de la stagnation estivale, se situait jusqu'à présent entre 6,3 et 8,8 O₂/l. L'intensité moyenne d'épuisement hypolimnique en O₂ se situait, les dernières années, entre 0,020 et 0,025 g O₂/m³.d.

La concentration de gaz carbonique atteint des valeurs allant de 10 à 13 mg CO₂/l. Dans les eaux profondes, la teneur en manganèse, généralement, ne dépasse pas 1 mg Mn/l. La teneur en fer est encore inférieure à cette valeur. L'hypolimnion du réservoir Rappbode, en dépit de l'apport de phosphore relativement élevé dans le lac, ne subit donc pas de charge inadmissible. La proportion volumétrique épilimnion/hypolimnion dans le réservoir est de l'ordre de 1:4,8 en mai, de 1:2,1 en juillet et de 1:1,2 en septembre. Les eaux initialement hypolimniques s'écoulent, au cours de la stagnation estivale, par sortie dans les cours d'eau et par prélèvement d'eau brute, et sont remplacées par des quantités d'eau provenant du métalimnion initial.

Secundo: La réduction de la charge actuelle de P dans le réservoir Rappbode est-elle nécessaire? L'exposé ci-dessus nous amènerait à répondre par la négative. Mais la question implique encore celle

de la stabilité de la situation décrite, à savoir si l'apport de phosphore de l'ordre de $1,76 \text{ g P/m}^2 \cdot \text{a}$ n'est pas de nature à provoquer l'apparition subite de changements non-maîtrisables dans la qualité d'eau. Quant au développement planctonique dans le réservoir Rappbode, nous avons déjà dégagé (5) qu'un accroissement sensible de la biomasse planctonique, au-delà des valeurs maxima relevées jusqu'à présent dans le réservoir, est assez improbable; en conformité avec des observations faites dans d'autres lacs et réservoirs eutrophisés. Une offre de phosphore si élevée ne provoque plus d'accroissement considérable des valeurs maxima de la biomasse planctonique, même si l'apport de phosphore continue à monter, dans le cadre de l'ampleur des variations (fig. 2). La réaction à ce processus est plutôt l'accroissement de la bioproduction par la prolongation temporelle des maxima planctoniques. Ce qui permettrait, plus ou moins, la surcharge du stock en oxygène dans l'hypolimnion, dans certaines années, et par conséquent, des pertes d'oxygène, l'augmentation de la concentration du CO_2 , du manganèse et de substances organiques ainsi que, dans le cas extrême, le dégagement d'hydrogène sulfuré libre. Dans l'optique actuelle de la technique de traitement d'eau, ces incidences dues à un excès d'eutrophisation du réservoir, n'écarteraient pas nécessairement la production d'eau potable. Bien adaptée à la situation, la technologie de traitement pourra très bien permettre de produire de l'eau potable, conformément aux normes en vigueur, à partir de cette eau de réservoir, sans frais supplémentaires. En traitant les eaux souterraines, nous prenons pour normal le manque total d'oxygène, des concentrations de gaz carbonique entre 50 et 100 mg CO_2/l , des concentrations de fer de 10 mg Fe/l et plus, des concentrations de manganèse de 1 - 2 mg Mn/l et la présence d'hydrogène sulfuré libre. Ces procédés, nous les maîtrisons techniquement.

Une incidence, vraiment problématique par contre, d'un excès d'eutrophisation est l'apparition de substances planctoniques ou métaboliques hygiéniquement douteuses tant qu'ils se produisent dans des concentrations qu'il serait impossible d'éliminer de l'eau brute en quantité suffisante en appliquant la technique de traitement actuellement en place. Au cas où il faudra, pour éliminer ces

substances et matières, appliquer un supplément d'agents de flocculation, l'emploi à long terme de charbon actif et, éventuellement, l'ozonisation en complétant l'effort normal de traitement, les choses sont arrivées à un point où il faut poser la question à savoir s'il ne vaut pas mieux, pour des raisons économiques, d'assainir radicalement le bassin versant, que d'approfondir la technologie à l'usine d'eau.

Tertio: la question des mesures d'assainissement réalisables dans le bassin versant du réservoir Rappbode, et la question de leur efficacité. La réponse se lit dans la figure 3 qui réunit les mesures d'assainissement déjà réalisées et à prendre dans leur action sur la charge, calculable, de phosphore dans le réservoir, puis les frais d'investissement et les frais de captage d'eau potable. À l'état initial, donc avant la réalisation des mesures d'assainissement, la charge totale de phosphore dans le réservoir s'élevait à $1,93 \text{ g P/m}^2 \cdot \text{a}$. À l'état initial (I), la localité de Braunlage était la seule à avoir une canalisation centrale et une installation d'épuration biologique. Les avant-barrages (Hassel, Rappbode) n'existaient pas. La construction et l'aménagement de canalisations à Hasselfelde, Stiege, Trautenstein et Benneckenstein (II), sans procéder en même temps au traitement des eaux résiduaires dans des installations d'épuration, aboutiraient à une augmentation de la charge de phosphore à environ $5 \text{ gP/m}^2 \cdot \text{a}$. La construction des quatre installations d'épuration (III) la réduit à $3,7 \text{ g P/m}^2 \cdot \text{a}$. Les bassins secondaires à Benneckenstein et à Hasselfelde (IV) ainsi que l'élimination élevée de P dans les avant-barrages (V) contribuent alors à abaisser la charge de P sous la valeur initiale: à $1,76 \text{ g P/m}^2 \cdot \text{a}$. Il fallait investir la somme de 47 millions de marks. Les frais de l'alimentation en eau potable augmenteraient de 1,278 pfennigs par m^3 d'eau potable, en prenant pour plate-forme les 60 millions de m^3 de livraison annuelle et les frais d'exploitation qui s'élèveraient alors à 767.000 marks par an. La colonne suivante (fig. 3; VI) montre l'accroissement relativement faible de la charge de P dans le réservoir au cas où, dans les localités non assainies, l'amélioration des conditions sanitaires se fera par la construction individuelle de petites installations d'épuration. Les colonnes VII,

VIII et IX mettent en lumière que l'assainissement central des eaux résiduaires dans ces localités, la construction supplémentaire d'équipements de précipitation chimique ainsi que la construction d'un troisième avant-barrages dans le cours d'eau 'Warme Bode', ne permettront qu'une très faible diminution de la charge de phosphore, en dessous de la teneur actuelle (V). Cet effet relativement bas nécessiterait pourtant des investissements supplémentaires de l'ordre de 45 millions de marks. Toujours sur la base d'un traitement annuelle d'eau potable de 60 millions de m³, les frais d'exploitation augmenteraient le prix du mètre cube d'eau potable de 2,675 pfennigs (frais annuels au total: 1,6 millions de marks).

Les frais de traitement supplémentaires dans l'usine d'eau, dus à la présence de plancton dans l'eau brute et nécessaires pour couvrir les achats des produits chimiques et les dépenses de lavage de filtre, ne s'élèvent, en fonction du développement planctonique, qu'à 25.000 jusqu'à 65.000 marks par an. Ce qui correspond à environ 0,042 à 0,108 pfennigs/m³. Les frais de traitement supplémentaires ne se réduiraient, en réalisant toutes les mesures d'assainissement (fig. 3), que de 50 pour-cent au maximum, parce qu'à la suite de la charge de phosphore s'élevant toujours à environ 1,1 g P/m².a dans le réservoir, l'on ne saurait s'attendre à une forte réduction du développement planctonique.

La mise en parallèle du supplément de frais d'exploitation de l'ordre de 836.000 marks/a pour la réalisations des mesures d'assainissement VII, VIII et IX (fig. 3), et de l'abaissement des frais de traitement d'eau potable de 65.000 à 32.500 marks aboutit à un rapport dépenses/bénéfice de 26:1. Pour diminuer du 1 mark les frais de traitement, il faudrait donc dépenser un supplément de 26 marks de frais d'assainissement et d'exploitation.

Il ressort de la fig. 3 que les frais d'exploitation des mesures d'assainissement, réalisées jusqu'à présent, s'élèvent à 767.000 marks/a. Les autres mesures d'assainissement encore réalisables (fig. 3) diminueraient la charge de phosphore du réservoir d'actuellement 1,76 à 1,12 g P/m².a seulement, tout en créant d'autres frais d'assainissement et d'exploitation de l'ordre de 836.000

marks/a. Le même montant, attribué annuellement, permettrait de doser dans l'usine d'eau, en permanence et en supplément, 3 g de charbon actif en poudre par m³ et 1 g KMnO₄/m³; on pourrait doubler la quantité des coagulants et couvrir l'accroissement des frais de lavage d'un filtre.

Les études concernant l'efficacité de la prise de mesures d'assainissement par rapport à la charge de phosphore, et les réflexions économiques formulées à l'image du barrage-réservoir Rappbode, mettent en lumière que les questions d'assainissement sont susceptibles de soulever des problèmes et que les décisions sur la nécessité et l'ampleur de mesures d'assainissement à prendre dans les bassins versant de barrages-réservoirs, tout en tenant compte des moyens dont dispose la technique du traitement d'eau, sont économiquement pondérables.

On peut en déduire les généralités suivantes:

- En appliquant les procédés de traitement actuellement pratiqués, on est en mesure de traiter, à partir de l'eau d'un réservoir eutrophisé, une eau potable qui est conforme aux exigences hygiéniques et aux normes en vigueur, à condition que l'eutrophisation ne dépasse pas la limite de compatibilité avec la technique de traitement.
- Il est décisif de savoir quelles sont les limites de la technique moderne de traitement et, d'autre part, à quel point pourra-t-on admettre et tolérer l'eutrophisation d'une eau de surface servant au captage d'eau potable.
- Un barrage-réservoir servant au captage d'eau potable, peut être considéré comme une installation technique dont la capacité de charge par rapport à l'eutrophisation peut être mise à profit jusqu'à un degré déterminé, pour des raisons économiques.
- Dans le domaine de l'eutrophisation, et surtout dans le contexte de l'alimentation en eau potable, l'optique économique s'imposera progressivement. Aussi sera-t-il essentiel de voir dans leur ensemble et de trouver l'optimum d'harmonisation dans la prise de mesures d'assainissement au bassin versant, pour les aides à apporter aux eaux (aération des eaux profondes, emploi d'algui-

cides, neutralisation du gaz carbonique par l'hydrate de calcium, déstratification, stimulation de turbulence) et dans la prise de mesures technique de traitement de l'eau.

- Outre les efforts visant à améliorer la pénétration théorique et la maîtrise pratique des processus d'eutrophisation, il faudra développer, systématiquement, la technique de traitement de l'eau pour être à même, aux endroits où l'eutrophisation s'avère inévitable, d'en éliminer les conséquences en engageant des dépenses économiques, et de produire une eau potable impeccable.

Légendes

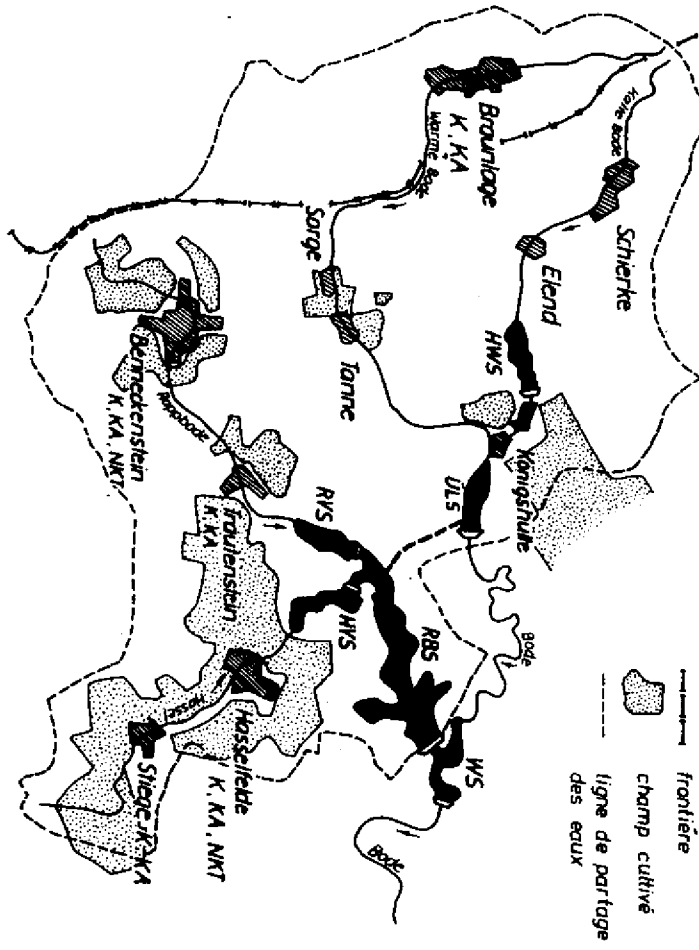
Fig. 1a et fig. 1b: Le système des retenues d'eau dans le Harz oriental et son bilan de phosphore
Les parts de phosphore transporté sont portées au diagramme-bilan en tant que moyennes annuelles en méga-gramme-poids P/an

Abréviations:

RBS réservoir de la Rappbode
HVS avant-barrage de la Hassel
RVS avant-barrage de la Rappbode
ÜLS barrage-déservoir
WS réservoir de Wendefurth
K canalisation centrale
KA installation centrale d'épuration
NKT bassins secondaires
HWS bassin de retenue de la crue

Fig. 3: Influence des mesures d'assainissement, au bassin versant du réservoir de la Rappbode, sur la charge totale de phosphore; les frais d'investissement et les frais annuels d'exploitation des mesures d'assainissement. Les frais d'exploitation se rapportent en outre aux coûts de l'eau potable en évaluant la livraison annuelle à 60.000.000 m³.

Fig. 1a



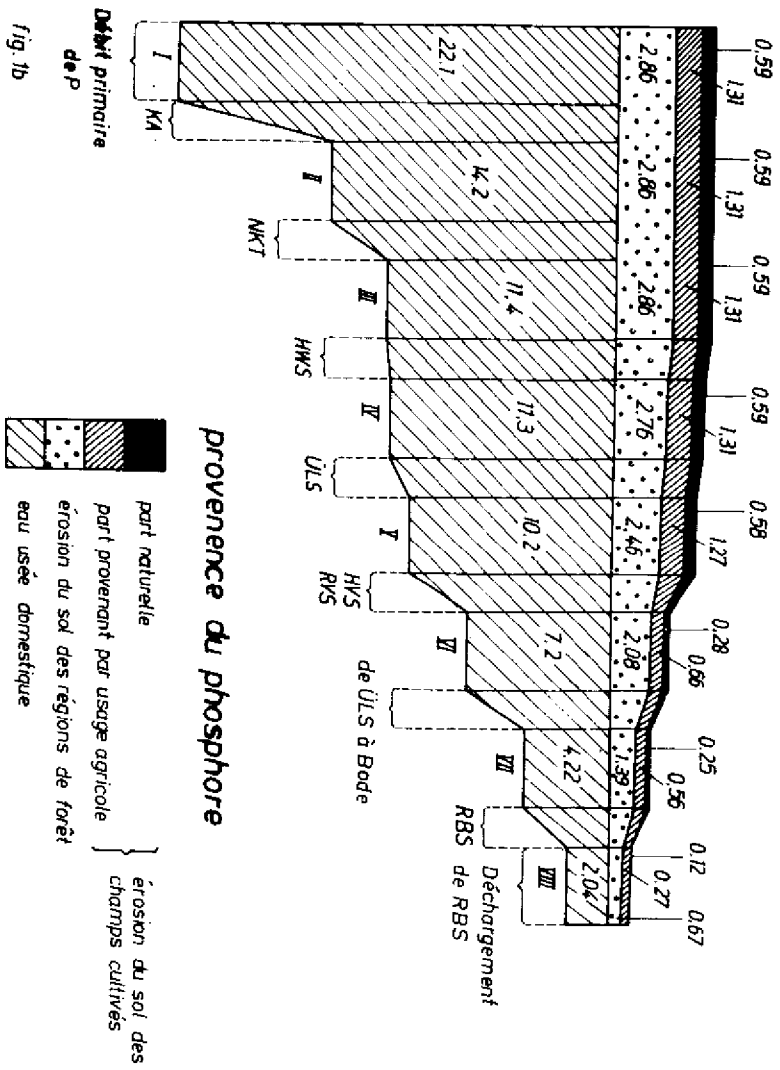


fig. 1b

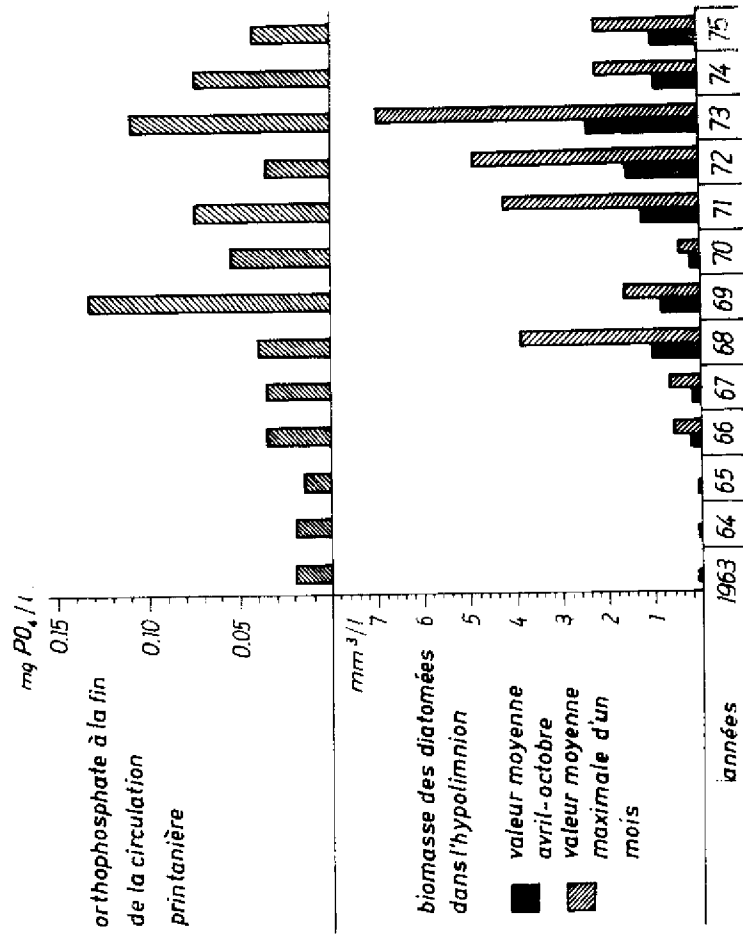


Fig. 2 : Réservoir de la Rappbode: 1963 - 1975
 Concentration d'orthophosphates à la fin de la circulation pleine de printemps et moyennes de la biomasse de diatomées dans l'hypolimnion, pour la période d'avril à octobre. Le volume des diatomées en mm^3/l a servi d'unité quantitative pour la biomasse.

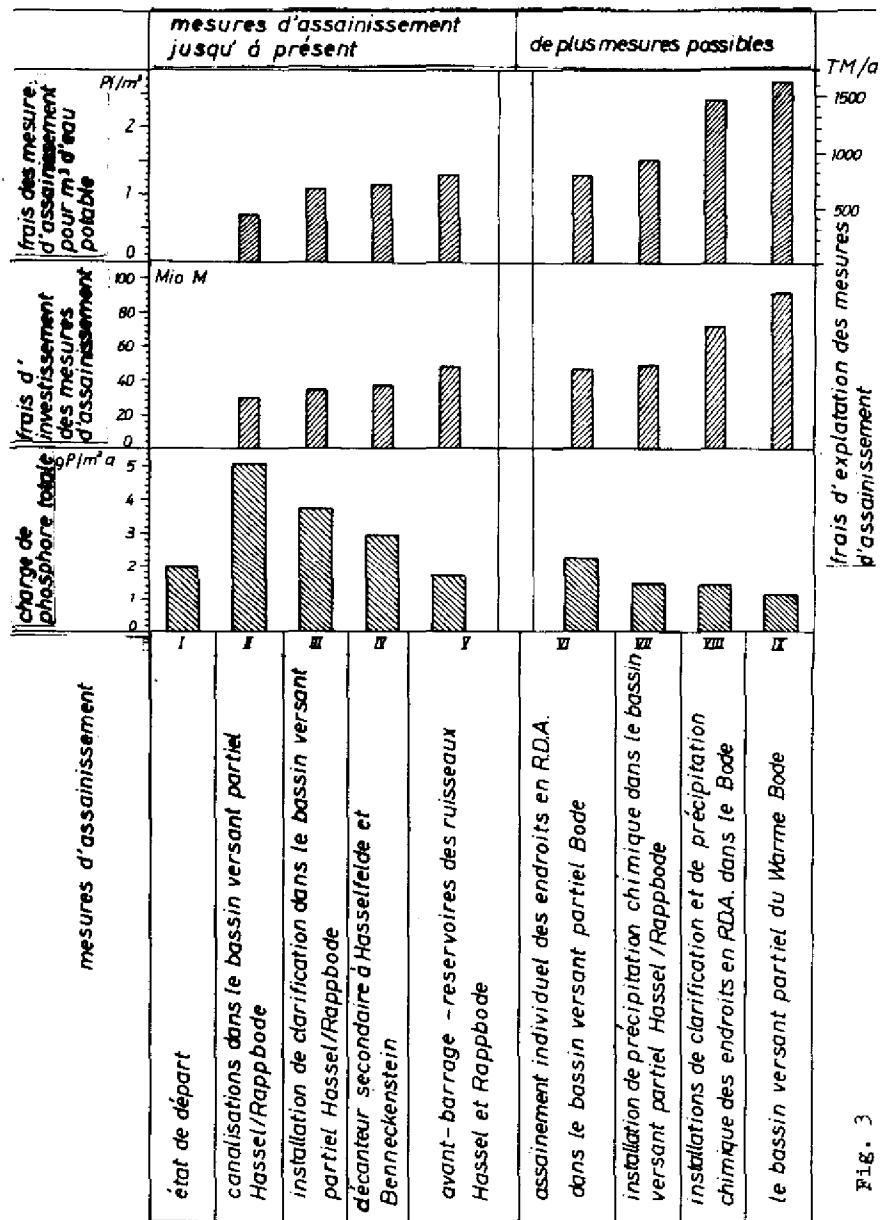


Fig. 3

1. BEUSCHOLD, E.: Entwicklungstendenzen der Wasserbeschaffenheit in den Ostharz-Talsperren, *Wiss.Z.Univ.Leipzig* 15 (1966) 4, 853 - 869
2. BEUSCHOLD, E.: Zur Problematik des Phosphoreintrages in Trinkwassertalsperren unter besonderer Berücksichtigung von Untersuchungen im Gebiet der Ostharz-Talsperren. *Hercynia N.F. Leipzig*, 11 (1974) 2/3, 185 - 200
3. BEUSCHOLD, E.: Anforderungen an die Beschaffenheit des Rohwassers von Trinkwassertalsperren aus der Sicht der Wasseraufbereitung. *Acts hydrochim. hydrobiol.* 3 (1975) 5/6, 413 - 432
4. WEGENER, U.; DÖRTER, K. und BEUSCHOLD, E.: Der Einfluß der landwirtschaftlichen Nutzung von Talsperreneinzugsgebieten auf den Nährstoffeintrag in Trinkwassertalsperren. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 3 (1975) 5/6, 553 - 561
5. BEUSCHOLD, E.: Einfluß von Maßnahmen der Nährstoffrückhaltung im Einzugsgebiet von Trinkwassertalsperren auf die Phytoplanktonproduktion und die Aufbereitungskosten. *Limnologica* (Berlin), 10 (1976) 2, 557 - 580
6. VOLLENWEIDER, R.A.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Seen- und Fließgewässereutrophierung unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktoren. Bericht OECD/DAS/CSI/68.27 (1968)
7. GÄCHTER, R.: Zur Frage der Einleitung von gereinigtem Abwasser in Seen. *Schweiz. Z. Hydrol.* 33 (1971) 1, 73 - 84
8. IMBODEN, D.M.: Limnologische Transport- und Nährstoffmodelle. *Schweiz. Z. Hydrol.* 35 (1973) 1, 29 - 68.

MESURES INTÉGRÉES DE LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
AQUATIQUES ET D'UTILISATION DE CELLES-CI

D. K. BISWAS

Inde

Sommaire

Nous entendons par mauvaises herbes aquatiques toutes les plantes qui, foisonnant dans les eaux, y produisent des effets désavantageux. Alors que la croissance modérée de la végétation aquatique profite au maintien de l'équilibre écologique, l'eutrophisation aboutit à une série de problèmes de l'environnement incompatibles avec l'utilisation efficiente des ressources d'eau. L'article met en discussion la nature et les dimensions du problème et signale en particulier la situation en Inde. Il présente les résultats d'une expertise de plantes aquatiques effectuée par le National Committee on Environmental Planning and Coordination du gouvernement indien. La prise de mesures intégrées, destinées à lutter contre la prolifération des plantes aquatiques et à les utiliser à des fins utiles - engrais, fourrage, extraction de protéine, etc. - est recommandée.

Introduction

Toute plante aquatique (aquatile) qui produit des effets désavantageux d'ordre physique, chimique ou biologique, dans les eaux où elle pousse, peut être qualifiée de 'mauvaise herbe'. On peut la qualifier aussi, tout simplement, de plante qui pousse aux saisons et aux endroits où elle est indésirable. Le seuil à partir duquel les plantes aquatiques peuvent être classées au nombre des mauvaises herbes, dépend de différents facteurs. Les plus importants en sont les emplois principaux de l'eau et la densité de la végétation. Une plante aquatique peut être désirable à un endroit donné ou dans un intérêt particulier; elle peut être indésirable ailleurs. Une plante décorative comme la stratiote peut très bien ajouter au charme d'un paysage; mais elle est en même temps l'idéal foyer de reproduction de moustiques. La croissance modérée des végétaux est certainement profitable à l'environnement aquatique (fourrage et protection), alors que l'eutro-

phisation est très nuisible au stock de poissons.

Comme toute autre plante verte, le végétal aquatique a besoin de l'énergie solaire pour accomplir la synthèse des hydrates de carbone. Une partie de l'énergie est emmagasinée pour servir à la croissance végétale, alors que l'énergie en excédent sert à entretenir les organismes vivants dans le milieu aquatique. C'est pourquoi les plantes aquatiques jouent un rôle important dans la chaîne végétal-fourrage. La présence de végétation dans l'eau contribue également au maintien de la bonne qualité de celle-ci. Les plantes submergées profitent à l'environnement aquatique en absorbant du gaz carbonique et en libérant de l'oxygène par le processus de la photosynthèse.

Alors que la simple présence de plantes aquatiques est profitable à la structure écologique, leur exubérance peut devenir, souvent, une menace pour les populations qui en dépendent. Dans cette situation, la lutte contre la végétation aquatique devient une nécessité, sous tous les aspects de l'utilisation de l'eau: irrigation et drainage; consommation humaine, animale et industrielle; récréation; navigation; lutte anti-pollution et préservation de la santé publique.

Cause et effet du problème

Le premier pas à faire dans n'importe quel programme de lutte pratique, est l'identification des espèces nuisibles ainsi que des causes et des effets de leur prolifération, afin de circonscrire le problème, sa nature et son volume.

Les plantes librement flottantes telles que la jacinthe aquatique, la salvinie et la stratiote; les espèces submergées, bien enracinées, comme la hydrilla verticillata, la vallisneria spiralis et les potamots; les plantes fixes, à feuilles flottantes, comme le lotus et le nymphéa; les espèces émergées comme la massette; les algues, p. ex. chara et nitella sont, toutes, des végétaux nuisibles qui se signalent par un taux élevé de croissance et de prolifération; aussi freinent-elles importunément l'utilisation efficiente des ressources d'eau.

Les plantes aquatiques se reproduisent à partir de graines ou de fragmentation végétative. Celle-ci est moins bien contrôlable surtout aux endroits où l'on applique des procédés mécaniques d'enlèvement, tels que la coupe et le ratissage. Si l'on fait la coupe

à l'aide d'une faucheuse sous-marine, on risque de laisser entraîner des fragments végétaux par les courants. Or, de jeunes racines se développent, prennent pied ailleurs et les tiges repoussent. Le problème, au lieu d'être liquidé, a été aggravé. La construction de digues et de barrages, de réservoirs et de réseaux d'irrigation crée de nouveaux habitats pour les plantes aquatiques; elles y sont acheminées alors par différents agents, tels que les courants, les oiseaux, le vent, etc. A certains endroits, ce sont les boeufs, les porcs et les buffles domestiques qui servent de propagateurs de plantes.

Les produits chimiques (surtout l'azote et le phosphore) contenues dans les effluents des installations de clarification, des réseaux d'égouts domestiques, des établissements industriels et l'écoulement des champs cultivés, comptent parmi les principaux stimulants de la croissance exubérante des plantes aquatiques. Etablis sans faire entrer en ligne de compte des considérations écologiques et mesures techniques, certains programmes de développement sont également responsables de la prolifération explosive des plantes aquatiques dans de nombreuses régions.

Les facteurs d'environnement qui inhibent la croissance de plantes aquatiques, sont notamment les eaux profondes, les berges raides, les fonds instables, les eaux froides, teintées, troubles et peu fertiles. D'autre part, les lacs et les étangs, largement recouverts de végétation aquatique, présentent en général deux ou plusieurs des caractéristiques suivantes: faible profondeur, rives plates, fonds stables, eaux tièdes, claires, hautement fertiles.

Les dimensions de la prolifération végétative dans les eaux diffèrent d'autant plus d'une région à l'autre qu'elles dépendent des critères de l'utilisation de l'eau, de l'état socio-économique en place, du développement technique, des conditions climatiques. Aux termes d'un rapport établi par SPERJANI et PANCHO (1974), les effets directs et indirects de la prolifération végétative dans les eaux du Sud-est asiatique (climat tropical) peuvent être classés en fonction de leur importance relative:

Effets directs:

1. Retardement de la croissance des plantes cultivées
2. Perturbations dans les systèmes d'irrigation et de drainage
3. Perturbations dans les centrales hydro-électriques
4. Couverture de surfaces d'eau limitées

5. Entrave à la pêche
6. Entrave à la navigation
7. Pertes d'eau par évapotranspiration
8. Valeur diminuée de terrains et odeur désagréable de l'eau potable
9. Problèmes concernant la santé publique dans les communes riveraines - prolifération accélérée d'insectes qui transmettent les maladies épidémiques.

Effets indirects:

1. Envasement de rivières, canaux, lacs et réservoirs à la suite du ralentissement de la vitesse du courant
2. Promotion de conditions anaérobies entraînant la production d'hydrogène sulfuré qui corrode les groupes électrogènes dans les centrales hydro-électriques
3. Promotion de l'eutrophisation et des fleurs d'eau
4. Création de conditions peu esthétiques.

Plantes aquatiques en Inde

Le National Committee on Environmental Planning and Coordination du ministère indien des Sciences et Techniques a fait faire récemment une étude sur la prolifération végétative des eaux pour connaître la nature et les dimensions du problème dans différentes régions du pays. Les informations tirées de cette étude, nous ont permis d'identifier les plantes aquatiques et de les classer parmi les plus répandues en Inde.

Tableau I - Plantes aquatiques nuisibles en Inde

Nom botanique	Nom usuel	Type
1. Eichhornia crassipes	Jacinthe aquatique	flottant librement
2. Nymphaea stellata	Nymphéa	enraciné, flottant
3. Nelumbo nucifera	lotus	enraciné, flottant
4. Hydrilla verticillata	élodée	enraciné, submergé
5. Typha sp.	massette	émergé
6. Lemnaceae	lenticilles d'eau	flottant librement

7. <i>Vallisneria</i> sp.	vallisnérie	enraciné, sub- mergé
8. <i>Potamogeton</i> sp.	potamot	enraciné, sub- mergé
9. <i>Pistia stratiotes</i>	stratiote	flottant libre- ment
10. <i>Salvinia</i> sp.	salvinie	flottant libre- ment

Parmi les plantes aquatiques mentionnées ci-dessus, la jacinthe aquatique est considérée comme la plus désavantageuse en Inde et aux pays voisins du Sud-est asiatique, comme l'Indonésie et la Thaïlande. La tendance prolifère des plantes aquatiques, constatée en Inde les dix dernières années (1965 - 1975), a fait apparaître que la jacinthe couvre rapidement les surfaces d'eau continentales.

Tableau II - Etat de la prolifération des plantes aquatiques en Inde dans la période 1965 - 1975

Espèce	Nombre des districts qui signalent:		
	prolifération accélérée	prolifération ralentie	prolif. const.
1. <i>Eichhornia crassipes</i>	54	6	21
2. <i>Typha</i> sp.	28	1	15
3. <i>Pistia stratiotes</i>	20	2	11
4. <i>Hydrilla verticillata</i>	14	5	18
5. Lemnaceae	12	1	8
6. <i>Salvinia</i> sp.	10	1	5
7. <i>Ipomoea</i> sp.	10	0	1
8. <i>Vallisneria</i> sp.	8	4	9
9. <i>Nymphaea stellata</i>	8	3	16
10. <i>Potamogeton</i> sp.	7	2	23
11. <i>Nelumbo nucifera</i>	6	14	18

Les problèmes majeurs qui, selon les rapports régionaux, résultent de la prolifération des plantes aquatiques en Inde, sont les suivants:

- 1) Couverture des eaux bordées; 2) entrave à la pêche;
- 3) engorgement de cours d'eau; 4) ralentissement de la croissance des plantes cultivées; 5) pollution des eaux; 6) pertes d'eau ac-

célérées; 7) problèmes de maladie; 8) entrave à la navigation; 9) entrave aux sports nautiques.

La nature et le volume de la végétation aquatique en Inde sont assez alarmants. On estime que près de 40 pour-cent de la totalité des eaux cultivables (80.000 hectares) en Bengale-Occidental, Bihar, Orissa et Assam sont couvertes de plantes aquatiques, et 20 à 25 pour-cent dans le reste du pays. La jacinthe couvre de vastes surfaces d'eau: 150.000 hectares dans le seul Bengale et 500.000 hectares au total dans le pays.

Les splendides lacs du Cachemire sont aujourd'hui fort pollués et couverts de végétaux (à raison de 20 - 40 pour-cent des lacs). Au Cachemire, les plantes aquatiques comprennent toutes les formes. Deux espèces submergées (*Myriophyllum spicatum* et *Ceratophyllum demersum*) couvrent, dans certaines eaux, une surface de plus de 60 pour-cent créant ainsi de grandes entraves à la pêche, la natation, l'aviron, le ski nautique et d'autres sports. La plante aquatique la plus dangereuse est *Salvinia natans* qui se répand rapidement et provoque d'immenses difficultés pour la pisciculture à certains endroits, par son pouvoir élevé de régénération et de repousse végétative. Ces espèces croissent en vastes nattes ce qui change sensiblement les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, entraînant ainsi un manque d'oxygène et la mort de poissons. La croissance macrophyte nuisible a également altéré la valeur esthétique de cette belle zone de tourisme. Jusqu'à présent, des dragages occasionnels et l'éradication manuelle ont été tentés dans des aires bien localisées, mais ces opérations, évidemment, s'avèrent inefficaces.

Au réservoir Kakki (Kerala), la salvinie apparaissait pour la première fois en 1966. Au bout de quatre ans, près de 60 pour-cent de toute la surface avaient été envahis par cette plante. Beaucoup de rivières, de canaux d'irrigation, de lacs naturels et artificiels sont engorgés par la prolifération explosive des plantes aquatiques. Certains projets de cours d'eau, tels que Chambal Irrigation, Shakra Naggal Canal (Pendjab), sont gravement menacés et compromis par la végétation aquatique. Dans les trois années de fonctionnement du système d'irrigation Chambal, les canaux n'ont pu débiter les quantités d'eau prévues quoiqu'elle coulait constamment à un niveau dépassant de 15 cm le débit normal. La végétation exubérante dans les canaux est essentiellement à l'origine

du ralentissement du courant, à côté d'autres facteurs, comme les irrégularités des talus, l'érosion des berges, la nature du sol, l'infiltration, etc. Une estimation effectuée au système d'irrigation Chambal, a fait apparaître que les pertes par évapotranspiration, dues aux plantes aquatiques, suffiraient pour irriguer environ 116.800 hectares de blé ou 46.720 hectares de riz.

Mesures de contrôle

Parmi les différentes mesures à prendre pour faire disparaître les plantes aquatiques, on compte :

- 1) Eradication manuelle ou mécanique,
- 2) Emploi de produits chimiques et herbicides,
- 3) Procédés biologiques.

L'éradication manuelle ou mécanique de plantes aquatiques convient pour les plans d'eau de faible profondeur et de dimensions réduites. Mais cette méthode ne s'applique pas aux surfaces plus étendues, car les résultats obtenus ne sont guère proportionnés aux efforts et, de ce fait, aux dépenses engagées.

Le procédé chimique se prête bien au traitement de vastes surfaces; toutefois, il présente les inconvénients suivants :

- (a) Les produits chimiques toxiques risquent de porter atteinte au stock de poissons;
- (b) L'addition de produits chimiques à l'eau risque de la polluer;
- (c) Certains produits chimiques, après avoir perdu la toxicité initiale, peuvent agir en engrais et promouvoir la croissance exubérante des plantes aquatiques;
- (d) La méthode demande la surveillance et le contrôle, par les experts, de l'emploi des produits chimiques;
- (e) L'enlèvement des plantes aquatiques détruites par le traitement chimique, risque de présenter certaines difficultés.

La hausse des salaires, des frais de travail et des dépenses matérielles ainsi que le risque de pollution de systèmes écologiques aquatiques au pays par l'emploi permanent de produits chimiques exigent impérativement de développer des méthodes et procédés biologiques appropriés à la lutte contre la végétation aquatique. Ce contrôle biologique, s'il est couronné de succès, offrira des avantages à long terme tout en réduisant les dépenses.

Les expériences effectuées au système d'irrigation Chambal pour extirper la végétation aquatique, ont avéré que la mise en place d'une carpe herbivore peut être très efficace pour la lutte contre

la végétation aquatique. On a pu observer que cette carpe herbivore ne cause nuls dégâts parmi les poissons.

Le Commonwealth Institute of Biological Control à Bangalore a étudié la possibilité de lutter, par des procédés biologiques, contre *eichhornia crassipes* et *salvinia auriculata*. Certaines études effectuées au nord du continent sud-américain et aux Antilles, ont fait apparaître l'existence de quelques ennemis naturels spécifiques qui ont été considérés comme appropriés à la réalisation d'autres expériences d'envergure dans différentes régions. On y compte deux espèces de charançons - *neochetina bruchi* et *n. eichhorniae* -; deux lépidoptères - *scigona infusella* et *epipagis albiguttalis* - et une mite - *orthogalumna terebrantis* - (tous, ils attaquent la jacinthe aquatique), une sauterelle semi-aquatique - *paulinia acuminata* -, une espèce des lépidoptères - *samea multiplicalis* - et un charançon - *cyrtobagous singularis* (attaquant la salvinie). Les études portant sur leur biologie, et les tests réalisés sur un nombre de plantes cultivées dans les stations C.I.B.C. à Bangalore et à Trinité, ont montré que ces ennemis naturels sont spécifiques pour ces deux plantes aquatiques et que la mise en oeuvre d'expériences prolongées dans d'autres régions serait payante. Si on peut les introduire dans une ou dans plusieurs régions de l'Inde, où ces plantes aquatiques se sont proliférées, et s'ils ne sont pas eux-mêmes attaqués par des parasites locaux, voraces ou pathogènes, ils pourraient se multiplier progressivement et décimer, sinon détruire la végétation aquatique en question.

Les méthodes et procédés mécaniques et biologiques pourront s'avérer utiles dans la lutte contre les plantes submergées. Contre les végétaux émergés et flottants, tels que la massette et la jacinthe, les mesures mécaniques et chimiques peuvent être efficaces. Les méthodes chimiques sont prometteuses dans la lutte contre les plantes aquatiques couvrant les talus. Dans les canaux d'irrigation, les produits chimiques, notamment les stérilisateurs de fond, seraient utiles. Si l'eau ne coule pas dans les canaux, ces produits peuvent retenir la croissance végétative, à terme plus ou moins éloigné. Quelles que soient les méthodes que l'on prend pour rendre efficace le désherbage, les efforts communs impliquant la prise de mesures de traitement secondaires et l'utilisation appropriée des surfaces déga-

gées à des fins piscicoles et autres, sont les conditions les plus importantes pour empêcher la réapparition de végétations nuisibles.

Mesures intégrées de lutte et d'utilisation

On ne saurait prétendre de nulle méthode isolée de lutte anti-parasite qu'elle soit absolument sûre et efficace dans l'extirpation des plantes aquatiques. Selon la nature et le volume de la prolifération, on appliquera différentes méthodes combinées. A cette fin, on préparera et réalisera un programme intégré dont la mise en oeuvre évitera la naissance de perturbations écologiques et de problèmes de pollution. Le préalable indispensable en est la connaissance de la fonction du système écologique dans son intégralité ce qui implique l'étude du processus, de l'interaction et des taux de transfert des différents organismes ainsi que des organismes et de leur environnement. La surveillance en est d'autant plus requise qu'il faudra obtenir des informations précises, et à temps, des stades initiaux de la prolifération végétative de sorte que l'on sera à même d'étouffer le mal dans l'oeuf, avant que la prolifération massive et les dommages considérables ne se produisent.

Dans la lutte contre la végétation aquatique, l'un des handicaps essentiels est le facteurs des dépenses. C'est pourquoi tout programme rationnel devra être basé sur des mesures appropriées et à prendre en vue de récupérer les sommes investies dans la lutte contre la végétation aquatique. Aussi les mesures ne sauraient-elles être considérées ni prises isolées, sans étudier les possibilités d'utiliser les plantes aquatiques comme telles ou, après traitement, dans une forme utile. Une plante n'est une mauvaise herbe que dans la mesure où elle est sans valeur. Aussi faut-il tenir une herbe (mauvaise) pour une plante dont l'utilité doit être reconnue dans la situation où elle croît. Les mauvaises herbes aquatiques sont des plantes vertes qui contiennent des substances nutritives appréciables, comme la protéine, le carotène, les hydrates de carbone, etc. L'énorme teneur en eau des plantes aquatiques dilue celle en substances nutritives et ajoute aux dépenses de travail et de transport. Mais si les frais de récolte des plantes aquatiques sont élevés, les frais de repousse sont nuls.

Une possibilité d'utilisation pratique et lucrative des plantes aquatiques serait la production d'engrais-compost. L'analyse de compost à partir de la jacinthe a montré qu'il contient le double en substances nutritives végétales (azote et phosphore) par rapport au compost urbain et le quadruple par rapport au fumier.

Tableau III - Composition chimique d'engrais-compost (séché)

	Compost de jacinthe	Compost urbain	Fumier
1. Azote	2,05	1,0	0,50
2. Acide phosphorique (P_2O_5)	1,10	1,0	0,25
3. Potasse (K_2O)	2,50	0,80	0,30
4. Chaux (CaO)	3,91	3,0-5,0	0,2
5. Rapport C/N	13	10	12-13

La proposition de détruire les plantes aquatiques nuisibles, comme la jacinthe aquatique, en produisant de l'engrais-compost, est non seulement payante mais également possible, techniquement et économiquement, tout comme pour le compost urbain et d'autres processus analogues. Par ailleurs: la jacinthe et la plupart des plantes aquatiques sont facilement susceptibles de bio-dégradation anaérobie. Le taux de bio-conversion est assez satisfaisant ce qui peut être exploité pour la production de gaz de fumier et d'engrais organiques, surtout dans les pays en voie de développement qui souffrent de la pénurie de combustibles et de substances nutritives végétales. Certains résultats tirés des recherches sur l'utilisation des plantes aquatiques pour en extraire la protéine végétale, les hormones de croissance et le carotène, sont assez prometteurs. Il vaudrait la peine de continuer dans cette voie. En les utilisant comme couverture, les résidus végétaux pourront contribuer à maintenir l'humidité du sol et en même temps à entraver la repousse indésirable des mauvaises herbes.

Il serait également possible d'utiliser la matière végétale comme supplément au fourrage. Ce qui entraînerait d'abord des analyses approfondies pour pouvoir juger des différents aspects comme la valeur nutritive, le goût et le stockage de la matière en question. La production de plantes aquatiques, à croissance rapide, peut passer pour l'une des mesures efficaces à prendre en vue

d'utiliser l'énergie solaire par la voie biologique pour produire des matières servant à l'alimentation humaine et animale. Les expériences effectuées au laboratoire, nous ont appris qu'il sera possible de gagner des algues jusqu'à concurrence de 0,75 t par hectare et par jour alors que le rendement en plantes fourragères est limité à environ 7,5 t/h/a.

Si l'on considère la masse énorme de matières premières disponibles sous forme de plantes aquatiques, il est étonnant de voir que, jusqu'à présent, nuls efforts conjoints d'utilisation n'ont été entrepris quoique les opérations de récolte, de séchage, de broyage et de traitement soient assez simples.

Suite à cet exposé on est autorisé à conclure que, dans le contexte de la lutte contre la végétation aquatique, certains avantages pourront en être tirés. La possibilité d'utiliser ces plantes aquatiques, ne devrait pas se traduire, cependant, par une position indifférente à prendre par rapport à leur prolifération. Dès 1917, le conseiller agricole du gouvernement indien de l'époque l'avait signalé en titrant un article "La jacinthe aquatique - sa valeur d'engrais".

INVESTIGATIONS SUR L'EUTROPHISATION ANTHROPOGENE DES EAUX CONTINENTALES (EAU DOUCE) EN U.R.S.S.

Ju. A. ČUGUNOV, V. I. MALJUK

Gosudarstvennyy komitet Soveta Ministrov SSSR po Nauke i Tehnike, Moskva

Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Dans les conditions de l'essor du progrès technique et de l'accroissement de la population, le souci de conserver la pureté des eaux devient de plus en plus actuel dans le monde entier. Théoriciens et praticiens sont unanimement d'avis que le danger de l'épuisement qualitatif des ressources, allant de pair avec la pollution et l'eutrophisation, constitue un problème beaucoup plus sérieux que le danger de leur insuffisance physique (25). La qualité de l'eau détériore par suite de l'effet anthropogène sur les eaux, notamment dans trois directions principales: pollution par déchets industriels toxiques et par érosion de produits chimiques toxiques dans le bassin versant de l'eau; eutrophisation et rechauffement; "pollution thermique".

A l'avenir, l'eutrophisation anthropogène jouera le rôle décisif dans la détérioration de la qualité de l'eau. Cela résulte de la nature des processus relatifs à la transformation et au circuit des matières dans les écosystèmes aquatiques, et de la tendance croissante de l'influence anthropogène sur la biosphère.

A de rares exceptions près, les substances toxiques sont soumises à des processus de détoxification irréversibles. Les métaux lourds sont adsorbés et déposés dans le sédiment, l'application de produits chimiques toxiques sera réduite et remplacée par des méthodes biologiques de la lutte contre les parasites. Les pesticides stables seront substitués par ceux qui se décomposent facilement. L'eutrophisation continuera tout de même et ce, à un rythme accéléré. Cela résulte de l'écoulement plus fort d'éléments biogènes (azote et phosphore) provenant des bassins versants de l'eau et des eaux usées, ainsi que de leur renouvellement continu dû aux processus de circuit des matières se déroulant à l'intérieur des eaux. Les processus de dénitrification des combinaisons azotées, vers l'azote moléculaire, et son élimination du circuit ne peuvent déjà plus compenser l'apport de com-

binaisons azotées solides par suite de la fixation naturelle et artificielle de l'azote. La production mondiale d'engrais azoté, par exemple, a quintuplé de 1950 à 1968, atteignant 30 millions de tonnes par an. D'après les pronostics, on compte, pour l'an 2000, avec une production d'engrais azoté de l'ordre de 1 milliard de tonnes (14). La vitesse du dépôt de phosphore dans les sols est, lui aussi, inférieur à la quantité introduite dans l'eau.

Ces dernières années, de nombreux articles ont été publiés au sujet de problèmes touchant l'eutrophisation anthropogène des eaux, ce qui est une conséquence du fait que, dans notre pays, ces travaux de recherche sont menés sur un front très vaste. En septembre 1974 a eu lieu, le premier symposium national sur l'eutrophisation anthropogène, à l'Institut de Biologie des Eaux continentales près l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S., organisé par la Commission de l'Académie des Sciences pour la Protection des Eaux naturelles (3). Un rapport de synthèse sur l'eutrophisation anthropogène des barrages a été publié dans la revue "Vodnye resursy" (42). L'article de A. N. MUSATOV (30) réunit des données sur l'eutrophisation anthropogène, recueillies dans 138 publications (dont 127 ont paru à l'étranger). De nombreux articles ont été publiés dans la Revue d'Hydrobiologie, y compris celui de L. L. ROSSOLIMO (37), à caractère plutôt théorique. Des données exhaustives sur la caractéristique de l'état sanitaire, la pollution et l'eutrophisation anthropogène sont contenues dans les recueils d'articles publiés à l'issue de délibérations sur les résultats des travaux de recherche effectués sur la Volga et sur les barrages "Volga 1" et "Volga 2", ainsi que dans la documentation relative à la Conférence nationale de Perm (11, 12, 27), consacrée à l'utilisation complexe et à la protection des ressources en eau du bassin de la Volga (27). Des auteurs soviétiques ont participé aux travaux d'un symposium sur l'eutrophisation et la protection des eaux, tenu en octobre 1973, en R.D.A. (50). Un nombre considérable d'articles sur le problème de "l'eau pure", de l'eutrophisation et de l'état sanitaire des eaux sont contenues dans la documentation relative à la III^e Conférence régionale de la Section ukrainienne de la V.G.B.O. (39); dans les publications contenant les thèses des exposés faits au III^e Congrès de la V.G.B.O. (44); dans la docu-

mentation relative au II^e Symposium national sur l'hydrobiologie sanitaire (4) et dans le recueil de thèses concernant la délibération scientifique-technique, à l'échelle nationale, sur l'élaboration et l'organisation d'un complexe de mesures dans le domaine de mesures pour la protection des eaux (36).

Dans ce qui suit, nous voulons examiner de plus près quelques questions générales ayant trait au problème de l'eutrophisation anthropogène.

L'eutrophisation des eaux et des cours d'eau, ses causes et ses chiffres-indices

L. L. ROSSOLIMO définit la nature de l'eutrophisation anthropogène comme suit: C'est "une perturbation de l'écosystème limnique due à l'augmentation du niveau de la production primaire de substances organiques sur la base de l'enrichissement anthropogène en substances nutritives, et qui continue à se développer" (37). Dans les écosystèmes des lacs, cela se manifeste dans une prolifération massive du phytoplancton ("fleur" de l'eau, en premier lieu par les algues bleues) ou dans un recouvrement plus épais de l'eau de peu de profondeur par des plantes aquatiques supérieures, par des algues filamenteuses, et dans l'expansion du photomicrobenthos. Dans la plupart des cas, les combinaisons de phosphore minérales liées, dans d'autres cas, les combinaisons azotées, allant de pair avec certaines composantes à composition minérale et certaines conditions d'environnement (température, insolation des couches d'eau plus profondes, présence d'un substrat etc.) sont les substances nutritives limitant. Il est important de souligner que la perturbation des écosystèmes limniques se produit à la suite d'une hyperproduction de matières organiques, celles-ci exerçant un effet de pollution biologique dès que cette hyperproduction dépasse la grandeur critique. Dans l'eutrophisation, les processus de production l'emportent sur les processus de destruction de matières organiques, la relation entre la production brute primaire (A) et la destruction complète (P) étant caractérisée par la grandeur positive $A : P > 1$. L'équilibre de ces processus $A : P = 1$ constitue la condition optimale pour le fonctionnement des écosystèmes. L'accumulation de producteurs de biomasse entraîne un processus inverse, aboutis-

sant à la supériorité de la destruction par rapport à la production. En cas d'accumulation d'algues bleues de plus de 100 g/m^2 , la corrélation positive entre la biomasse du phytoplancton et le taux de photosynthèse est perturbée (43). Pour certaines espèces d'algues, ces processus manifestent une dépendance inverse, en fonction de différents volumes de biomasse. En cas d'accumulation d'algues filamenteuses, la production d'oxygène dépasse la destruction d'oxygène, si la biomasse reste au-dessous de $5 \dots 6 \text{ kg/m}^2$; si elle dépasse ce taux, il se produit une pollution biologique, et l'augmentation de la destruction conduit à un déficit d'oxygène dissolu. Dans les eaux basses du réservoir d'eau de Krémentchug, il se produit un changement en marais, due au recouvrement de plus en plus épais de ces eaux par les plantes aquatiques supérieures et à l'accumulation massive de leur biomasse.

A cet égard, il faut prendre en considération les situations suivantes:

1) Pour caractériser la relation entre la production brute et la destruction (A : P), relation favorable à l'écosystème, on ne devrait pas parler de supériorité de la production par rapport à la destruction, mais de relation optimale entre ces processus, où les grandeurs qui les caractérisent sont proches de 1 ($0,8 \dots 1,2$).

2) Les phénomènes d'eutrophisation anthropogène ne se manifestent pas seulement dans les lacs, mais aussi dans les cours d'eau à courant relativement retardé (fleuves dans la plaine, rivières, canaux). Dans ces derniers, l'accumulation excessive de biomasse et les perturbations biologiques sont causées notamment par les producteurs respectifs (macrophytes et phyto-microbenthos). Il ressort des investigations faites par l'Institut d'Hydrobiologie que cela peut être observé, à un degré faible, dans les canaux dont le lit est recouvert d'une couche naturelle (sablonneuse) et, à un degré plus élevé, dans les canaux dont les bords sont faits de gravier ou de béton (33). Ce qui est encore typique pour les cours d'eau, c'est l'accroissance de substances nutritives au cours du temps. Des investigations faites pendant de longues années sur des rivières ukrainiennes ont montré que, selon les données couvrant la période de 1971 à 1973,

la teneur en azote minéral dans les rivières de la zone des steppes de l'Ukraine est montée à 0,1 ... 5,0 mg/l, et dans certains cas, à 12,5 mg/l (35).

L'eutrophisation est provoquée non seulement par la production de matières organiques autochtones, mais aussi par l'écoulement de matières organiques allochtones (détritiques, matières organiques dissoutes, bactéries et autres organismes). Cela se reconnaît au déséquilibre de la production primaire, en direction d'une décroissance de la relation A : P.

La teneur en bioéléments et les sources de leur entrée dans les eaux

Il existe une littérature très étendue au sujet des éléments biogènes limitant la production primaire dans les eaux, de leur teneur et des sources de leur entrée dans les eaux, littérature largement résumée dans les articles d'A. N. MUSATOV (30), et d'A. V. TOPACEVSKI et collaborateurs (43). Une accroissance considérable de la biomasse du phytoplancton est normalement due à l'apport de phosphore, dont la teneur dans les eaux est souvent minime. La valeur limitante du phosphore dans la production primaire a été largement débattue au XIX^e Congrès limnologique (8). L'introduction du phosphore dans les eaux se fait le plus souvent avec les eaux usées, tandis que l'azote provient du bassin versant de l'eau. Il n'est pas dans notre intention de répéter ici les chiffres-indices quantitatifs de ces processus, lesquels sont communiqués dans les publications spécialisées. Ce que nous considérons comme important, c'est la question de savoir comment corriger et compléter les standards existants pour les concentrations-limites admissibles de biogènes dans des eaux de type différent.

La mise au point de ces concentrations-limites est importante pour deux raisons: 1^o pour l'équipement en moniteurs; pour les eaux importantes, on devrait mettre en place des appareils enregistrant automatiquement les concentrations des éléments biogènes les plus importants, ce qui permettrait une signalisation sûre quant à la naissance de conséquences non désirées de l'eutrophisation; 2^o Dans un avenir pas trop lointain, on élaborera des limitations quant à l'introduction des eaux usées dans

les eaux; dans ce cas il sera plus facile de fixer les limites pour l'introduction des eaux usées, selon les valeurs indiquées par les appareils d'enregistrement.

Actuellement, on discute la question quant à la fixation de grandeurs-limites admissibles pour l'introduction de déchets dans les eaux, paramètres que l'on proposera à toute usine produisant des eaux usées (34).

L'introduction de bioéléments dans les eaux se fait le plus souvent à partir du bassin versant de l'eau et avec les eaux d'égout des régions habitées et des usines industrielles; les précipitations atmosphériques et les destructions des rives (érosion et abrasion) participent à ce processus, à un certain degré. Le pourcentage spécifique de ces sources de l'enrichissement des eaux en biogènes varie selon les conditions physiques et géographiques du paysage des bassins versants de l'eau le degré de cultivation du sol, la densité de population de la région (notamment dans les zones proches des eaux et des cours d'eau) et le développement industriel du territoire (nombre, capacité et aménagement des usines industrielles).

Les processus du cycle des bioéléments, se déroulant à l'intérieur des eaux

Les eaux de surface et de fond parviennent tout d'abord dans de petits cours d'eau et ensuite, en suivant la base d'érosion inclinée, dans les lacs, les réservoirs, les mers, où il se produit une accumulation des corps suspendus (matières biogènes et organiques) qu'ils contiennent. Le cycle des bioéléments et l'augmentation intense de la bioactivité du phytoplancton ne dépendent pas du transit des bioéléments dans les fleuves. Mais dans des secteurs à courant retardé (de moins de 0,5 m/s), le caractère permanent de l'introduction de bioéléments en quantité élevée cause l'accroissance considérable de la biomasse et l'augmentation de sa bioactivité.

Les bioéléments consommés par les organismes autotrophes pendant la photosynthèse retournent dans l'eau, au cours des processus d'échange des organismes des écosystèmes et lors de la destruction bactérienne de la matière organique dissolue. C'est en cela que consiste la nature du métabolisme. Dans cet ordre

d'idées, on a étudié la vitesse de décomposition des matières organiques contenant de l'azote, dans les eaux (38), et on a établi une équation indiquant la vitesse de la destruction des protéines. La constante de vitesse de la décomposition dépend de la température et de la saturation de l'eau en oxygène; dans les conditions aérobies, la décomposition se déroule d'une à deux ordres de grandeur plus rapidement que dans les conditions anaérobies.

Investigations faites à l'échelle régionale sur l'eutrophisation anthropogène, et mesures prises en vue de la limiter

Les grands lacs au nord-ouest du territoire européen de l'U.R.S.S. (lac Ladoga, lac Onéga, lacs caréliens) n'ont subi jusqu'ici que de faibles changements, ils ont conservé les particularités de leur nature limnologique spécifique (31). Les eaux de la Pré-baltique, la Daugava, les petits fleuves et lacs sont beaucoup plus exposés à la pollution et à l'eutrophisation (22). L'eutrophisation du lac Sévan s'est produite par suite de la dérivation de ses réserves d'eau originales (jusqu'à 24 km³), de la baisse de son niveau d'eau de 18 m, de la réduction de sa profondeur, du découverturement de son littoral, de l'adduction de biogènes provenant des couches hypolimniques, lors de la déstratification de la masse d'eau (24). La structure perturbée des écosystèmes du littoral du lac Baïkal résulte de l'élévation du niveau d'eau du lac, due à l'effet de retenue des réservoirs d'eau de l'Angara et à l'influence de l'introduction d'eaux usées industrielles (19). Le souci de protéger ce lac unique, ses ressources en eau et sa faune endémique est souligné par les résolutions que les autorités gouvernementales ont prises à ce sujet. Les réservoirs d'eau de la Volga et du Dniepr sont soumis à une pollution et eutrophisation particulièrement forte. Dans les réservoirs d'eau du Dniepr notamment, on a constaté une "fleur" particulièrement intense de l'eau due aux algues bleues, ainsi qu'une extension de la pollution biologique (43). Des travaux de recherches à long terme sur la Volga sont confiées à l'Institut de Biologie des Eaux continentales près l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S., à l'Institut d'Hydrobiologie près l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S., à l'Institut des problèmes d'eau de l'Académie des

Sciences de l'U.R.S.S. et à certaines autres institutions. La première expédition complexe sur la Volga, en 1971, a vu la participation de scientifiques représentant 27 organisations, la deuxième, organisée en 1972, réunissait des scientifiques venant de 35 organisations.

La tâche la plus importante de toutes ces entreprises, c'était d'élaborer les fondements scientifiques pour assurer la protection de l'eau des bassins fluviaux, et de définir des mesures permettant de restaurer la qualité naturelle de l'eau et d'améliorer l'utilisation complexe des ressources biologiques et des ressources en eau de ces fleuves.

Lors du XIX^e Congrès limnologique, une grande attention a été accordée aux questions liées à la lutte contre l'eutrophisation, notamment à la "réhabilitation" (oligotrophisation) des eaux par dérivation des eaux usées, respectivement par épuration préalable chimique des eaux usées, en précipitant le phosphore au moyen de sulfate d'aluminium, de sulfate ferreux et d'autres réactifs (8).

L'Institut d'Hydrobiologie près l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S., en collaboration avec l'Institut d'Hydromécanique, a développé une technique permettant d'éliminer la biomasse de Seston des réservoirs d'eau, aux endroits où s'accumulent les algues bleues, et de l'utiliser par la suite comme matière première pour la production d'amine complexe ou d'engrais (40, 43).

En concluant, nous constatons que les travaux de recherche effectués en U.R.S.S. au sujet de l'eutrophisation anthropogène des eaux, ont pris une ampleur telle que l'analyse de leurs résultats pourra faire l'objet d'un deuxième symposium consacré à ce problème.

Nous serions heureux, si notre exposé vous a donné une idée générale de l'état des recherches effectuées dans ce domaine, en U.R.S.S.

Littérature

1. ALEKSEEVSKIJ, E. E.: Vodnye resursy SSSR. Problemy ich effektivnogo ispol'zovanija i ochrany. "Vodnye resurse", 2, 1972
2. AVAKJAN, A. B., KALININ, G. P., SARAPOV, V. A., ASARIK, A. E., VENDROV, S. L., MATARZII, Ju. I.: Problemy kompleksnogo ispol'zovanija vodnych resursov bassejna Volgi. "Vodnye resursy", No. 4, 1975
3. Antropogennoe evtrofirovanie vodoemov (Tezisy dokladov na Pervom vsesojuznom simpoziume v Borke. Černogolovka, 1974)
4. Biologičeskoe samoočišćenie i formirovanie kačestva vody. "Nauka", 1975
5. BOLOTINA, O. T.: Nekotorye itogi pervych kompleksnyh volžskich ekspedicij AN SSSR. "Vodnye resursy", No. 3, 1974
6. BUMBU, Ja. V., ČEKOJ, V. N. et autres: Vodnye resursy Moldavii. Otčet Botan. S.A.N. Mold. SSR, 1974, GKNT
7. VARAVA, K. M., VOVK, I. P., NEGODA, G. M.: Osoblivosti zv'jazku chimičnogo skladu gruntov i atmosfernih vod Dniprovs'ko-Doněckoi zapadini v Donbasu. Dop. AN. URSS, serija geol., chim. ta biol. n., No. 5, 1976
8. VINBERG, G. G.: XIX Limnologičeskij kongress. Hidrobiol. Žurnal, No. 3, 1975
9. VINOGRADOV, A. P.: Techničeskij progress i zaščita biosfery. "Vodnye resursy", No. 4, 1973
10. VOLOCHONSKIJ, A. G.: Struktura i energetičeskie aspekty problemy deficita biogennyh elementov. "Ekologija", No. 3, 1973
11. Volga-1. Pervaja konferencija po izučeniju vodoemov bassejna Volgi (tezisy dokladov). Tol'jatti, 1968
12. Volga-2. Vtoraja konferencija po izučeniju vodoemov bassejna Volgi. Borok, 1974
13. Voprosy kompleksnogo ispol'zovanija vodochranilišč. Tezisy dokladov Vsesojuznogo soveščanija. "Naukova dumka", 1971
14. DELVIČ, K.: Krugovorot azota. Voir "Biosfera". Izd. "Mir", M., 1972
15. DENISOVA, A. I., KONENKO, A. D., PALAMARČUK, I. K.: Ocenka vlijanija sel'skochozjajstvennyh stokov na evtrofirovanie reki. Voir "Biol. samoč. i form. kačestva vody", "Nauka", M., 1975

16. DENISOVA, A. I., NACHŠINA, E. P., ŽURAVLEVA, L. A., PALAMARČUK, I. K.: Faktory, vlijajuščie na formirovanie gidrochimičeskogo rezima Dnepra i ego evtrofikacija v uslovijach zaregulirovannogo stoka. Voir Antropogennoe evtrof. v-mov. Černogolovka, 1974
17. DUBININ, N.: Genetika na peroge daľnejšich otkrytij. "Kommunist", No. 18, 1975
18. ZIMBALEVSKAJA, L. N., PIKUS, N. V., ŽURAVLEVA, L. A., PALAMARČUK, I. K. et autres: Osnovnye faktory evtrofikacii melkovodij Kremenčugskogo vodochranilišča i ee vlijanie na produktivnost' vodnyh bespozvonočnyh. Voir Antropogen. evtrofirovanie v-mov. Černogolovka, 1974
19. KOZOVA, O. M.: Osobennosti antropogennogo evtrofirovanija Bajkala i r. Angary. Voir Antropog. evtrof. v-mov., Černogolovka, 1974
20. KOZJURIN, A. S., ŠMITKO, I. G., LINČUK, K-P., MIŠINA, G. P. et autres: Razrabotka metodov zaščity vodoemov ot zagrjaznenija biogennymi elementami - azotom i fosforom. Otčet VODGEO, 1974, GKNT
21. KORZUN, V. I.: Naučnye osnovy vodnogo zakonodatelstva. "Vodnye resursy", No. 3, 1972
22. KUMSARE, A. Ja.: Osnovnye etapy limnologičeskich issledovanij v Latvii. Tezisy III sezda VGBO. t-2. 1976, Riga
23. LEBEDEV, Ju. M., ŠIROKOVA, E. D.: Sootnošenie processov fotosinteza i destrukcij organičeskogo veščestva v Možajskom vodochranilišče v zavisimosti ot vodnosti goda. Gidrobiol. ž. No. 4, 1976
24. LEGOVIČ, N. A., MESKOVA, T. M.: Evtrofirovanie oz. Sevan. Voir Antropogen. evtrofir. v-mov. Černogolovka, 1974
25. LVOVIČ, M. I.: Buduščee presnyh vod. "Priroda", No. 1, 1975
26. MARTI, N. N., GAK, D. Z.: Osnovnye zadači i rezul'taty biologičeskich issledovanij vtoroj volžskoj kompleksnoj ekspedicii. "Vodnye resursy", No. 1, 1975
27. Materialy Vsesojuznoj konferencii po probleme kompleksnogo ispol'zovanija i ochrany vodnyh resursov bassejna Volgi. Perm', 1975, I, II, III
28. Materialy k soveščaniju po prognozirovaniju soderžanija biogennyh elementov i organičeskogo veščestva vodochranilišč. IBVV, Rybinok, 1969

29. MEREŽKO, A. I.: Rol' vyšich vodnych rastenij v samočišćenii vodoemov. *Gidrobiol. ž.*, No. 4, 1973
30. MUSATOV, A. N.: Antropogennoe evtrofirovanie vodoemov. "Vodnye resursy", 3, 1976
31. NIKOLAEV, I. I.: Elementy limnologičeskoj specifiky bolšich ozer umerennoj zony. *Gidrobiol. ž.*, No. 6, 1975
32. O dalnejšem razvitii specializacii i koncentracii sel'skochozjajstvennogo proizvodstva na baze mežchozjajstvennoj kooperacii i agropromyšlennoj integracii. "Pravda", 1.6.1976, No. 154
33. OKSIJUK, O. P.: Vodorosli kanalov mira. "Naukova dumka", 1973
34. PETR'JANOV-SOKOLOV, I., IZRAEL', Ju., KROTKOV, F., FEVEROVSKIJ, E.: Limity na vybroesy. Problemy i suždenija. "Pravda", 7.6.1975, No. 158
35. POLIŠČUK, V. V., TRAVJANKO, V. S., KONENKO, A. D., GARASEVIČ, I. G., KAČAN, V. N., LITVINOVA, M. A., VOLNENKO, Ju. A.: Evtrofirovanie malych rek stepnoj zony Ukrainy v uslovijach intensivizacii sel'skogo chozjajstva, promyšlennogo i bytovogo zagrjaznenija. *Voir Antropogen. evtrof. v-mov. Černogolovka*, 1974
36. Razrabotka i organizacija kompleksa vodoochrannych meroprijatij. Tezisy dokladov Vsesojuz. Naučno-techn. soveščanija. Charkov, VNIIVO, 1973
37. ROSSOLIMO, L. L.: Zagrjaznenie vod i antropogennoe evtrofirovanie vodoemov. *Gidrobiol. ž.*, No. 1, 1975
38. RJABOV, A. K., NABIVANEC, B. I., OLEJNIK, G. N., SMIKUN, T. Ja., PODGAJEVSKAJA, L. V.: Eksperimentalnoe issledovanie vlijanija temperatury i stepeni kislorodnogo nasytšenija na skorost' destrukcii rastvorenyh belkov v prirodnyh vodach. *Gidrobiol. ž.*, No. 5, 1974
39. Samočišćenie, bioproduktivnost' i ochrana vodoemov i vodotokov Ukrainy. Materialy III Respubl. konf. UF VGBO-"Naukova dumka", 1975
40. SIRENKO, L. Ja.: Vilučeniya sestonu v period "cvitinnja" vodi. *Visnik AN URSSR*, No. 5, 1976
41. SMIRNOV, B. M.: Ekologičeskie problemy atmosfery Zemli. "Uspechi fizičeskich nauk", t. 117, 2, 1975
42. TOPACEVSKIJ, A. V. CEEB, Ja. Ja., SIRENKO, L. A.: Techniko-biologičeskie uslovija proektirovanija, rekomendacii i

- režima eksploatacii vodochranilišč GES. "Naukova dumka", 1974
43. TOPACEVSKIJ, A. V., SIRENKO, L. A., CEEB, Ja. Ja.: Antropogennoe evtrofirovanie vodochranilišč, "cvetenie" vody i metody ego regulirovanija. "Vodnye resursy", No. 1, 1975
 44. Tretij čezd VGBO: Tezisy dokladov, v. 1, 2, 3, Riga, 1976
 45. TUIČINSKAJA, V. P.: Chimičeskaja dejatel'nost' mikroorganizmov. "Novoe v žizni, nauke i tehnike. Serkja biologija", 12, 1975
 46. FIL', S. A.: Vlijanie antropogennoj dejatel'nosti na stok fosfatov s vodosborov malych rek Ukrainy i Moldavii. Voir Antropogen. evtrof. v-mov, 1974
 47. SALAR', V. M. KAPRAL, M. N.: Racionalnye mery bor'by s rastitel'nostju v vodoemach-ochladiteljach Modavskoj GRES. Voir "Problemy kompl. isp. vodoemov-ochlad. teplovyh elektrostancij. Kišenev, 1970
 48. ŠESTERIN, I., BARANOV, S. A., SOLOVEV, L.: Razrabotka predel'no dopustimych koncentracij vrednyh veščestv v vodoemach i vodotokach rybochozjajstvennogo naznačenijsa. Otčet VNIIPRCH. 1973, GKNT
 49. JAKUBOVSKIJ, K. B., MEREŽKO, A. I., SIJAN, P. N.: Pogloščenie biogennyh veščestv i pesticidov trostnikom i rogozoi. Voir "Formirovanie i kontrol' kačestva poverchnostnyh vod", "Naukova dumka", Kiev, 1975

CONDITIONS DE SERVICE POUR L'ELIMINATION MAXIMUM DU PHOSPHORE

FATMA A. EL-GOHARY

Water Pollution Control Dept., National Research Centre, Cairo
Egypte

Résumé

L'évacuation étendue des eaux usées des complexes municipaux, industriels et agricoles provoque et aggrave le processus de l'eutrophisation. Cet enrichissement nutritif des ressources en eaux soulève des problèmes à la fois économiques et esthétiques. Le phosphore est considéré par un grand nombre de chercheurs comme nutriment-clé pour l'interruption du cycle d'eutrophisation. L'intérêt fut avant tout axé sur l'application de procédés biologiques pour l'élimination du phosphore ce qui suscita de nombreuses controverses par rapport à la capacité de l'élimination de phosphore avec le procédé de la boue activée et quant aux mécanismes employés.

A la suite d'une série d'études de laboratoire on avait trouvé un rapport proportionnel entre l'absorption de phosphate et la charge de boue. D'autre part, on avait constaté que l'augmentation de la charge de boue conduisait à une diminution de la quantité de nitrogène absorbée.

L'élimination par des méthodes biologiques, cependant, est bornée à la nécessité du métabolisme cellulaire et aux quelques quantités de phosphore excessif qui peuvent être absorbées et accumulées par les cellules. Les principaux critères et les paramètres de service n'étaient pas suffisamment sélectionnés et élaborés pour permettre en contrôle efficace de l'élimination du phosphore par des mécanismes purement métaboliques. Par conséquent, si nous voulons éliminer le phosphore des eaux usées sur une base rassurante, il sera indispensable d'appliquer des méthodes chimiques.

La coagulation suivie d'une floculation a montré de bons résultats en matière de l'élimination du phosphore. Etant donné que la coagulation est un procédé coûteux en général, il conviendra de compenser une partie de ces dépenses par une économie de frais du traitement biologique.

Au cours des essais de laboratoire continus à l'aide de lits bactériens avec média plastiques suivi de coagulation chimique

une élimination du phosphore jusqu'à 97,5 % fut atteinte. Au surplus, des cellules bactériennes furent déstabilisées et éliminées conjointement avec d'autres matières colloïdales.

I) Introduction

Dans le passé, la réduction de la teneur de carbone et de matières colloïdales était l'objectif principal du traitement des eaux usées. Il en résulte cependant des recherches récentes, qu'en cas de besoins plus élevés de la part de la population et de l'industrie, lorsque les ressources en eaux sont limitées, le plus haut degré de traitement peut s'avérer comme insuffisant pour éviter une détérioration de l'eau récupérée par l'eutrophisation. Ce qui rend tragique de problème de l'eutrophisation c'est le fait qu'une fois elle s'est établie, il est pratiquement impossible de renverser le processus, même si la source nutritive est éliminée (1). Cet enrichissement nutritif des ressources en eaux soulève des problèmes économiques aussi bien qu'esthétiques d'importance majeure.

De nombreuses études et réflexions ont été consacrées au problème de la récupération de ces éléments fertilisants utiles, afin de les ramener aux terres cultivables d'où ils sont ressortis et d'empêcher par leur élimination une fertilisation des eaux récepteurs. Les essais antérieures (2) ont montré que le nitrogène aussi bien que le phosphore peuvent être éliminés presque totalement par le procédé de la boue activée, en cas où l'eau usée est enrichi d'une quantité correspondante de hydrates de carbone. Dans la plupart des cas, cette pratique fut considérée comme peu opportune et l'intérêt fut alors axé sur l'élimination du nitrogène ou du phosphore.

Peu de temps après déjà on se rendait compte que la grosse difficulté consiste à éliminer le nitrogène sous toutes ses formes (nitrogène d'ammoniaque, nitrogène organique, nitrate, nitrite) par un seul moyen de traitement. En plus, il était devenu évident que la prolifération des algues n'est guère contrôlable par la limitation du nitrogène étant donné que certaines algues bleues extrêmement nuisibles, sont capables d'utiliser le nitrogène de l'atmosphère. (3)

C'est ainsi qu'un grand nombre de chercheurs considèrent le phosphore comme nutriment-clef pour l'interruption du cycle d'eutrophisation (4, 5). Toutefois, les savants ne sont pas unanimes quant à la limite inférieure admissible. Un chiffre fréquemment cité est celui de 0,03 mg/l PO_4 après mixture de l'écoulement avec le courant d'eau (1).

Les sources principales de la contribution du phosphore à l'eutrophisation sont les eaux usées ménagères ainsi que les eaux résiduaires industrielles et l'écoulement de l'agriculture.

Dans les régions critiques, les eaux usées ménagères représentent la première source. Le phosphate qui entre dans les eaux usées provient des excréments humains et des combinaisons de phosphate condensé inorganique comme composants des détergents. Chacune de ces sources fournit environ la moitié de la part du phosphore présent dans les eaux usées ménagères (2).

II) Élimination du phosphore

Le problème de l'élimination du phosphore a été abordé par de nombreux savants. Sur un plan général, deux solutions sont prises en considération, notamment des procédés biologiques et des procédés chimiques.

II.1. Élimination biologique

Un nombre d'experts ont rapporté que la proportion défavorable de carbone, azote et phosphore dans les eaux usées ne permet pas d'éliminer plus de 25 à 50 pour cent de phosphore soluble des eaux usées ménagères par des procédés biologiques (6, 7, 8).

Cependant, malgré cette proportion défavorable, certains chercheurs ont démontré avec l'exemple des grandes installations industrielles aussi bien que des unités de laboratoire, qu'il est possible, dans certaines conditions, d'éliminer des quantités remarquables de phosphore des eaux usées par le procédé de la boue activée (9, 10, 11).

On a signalé que les microorganismes de la boue activée sont capables de biologiquement éliminer et accumuler des quantités de phosphore bien supérieures à celles nécessaires à leur croissance, par le mécanisme de l'absorption excessive (luxury uptake) (12, 13).

Etant donné que davantage de données ont été mises à disposition, une définition chimique fut élaboré comme alternative. MENAR et JENKINS (14) ont trouvé que le haut degré d'élimination fut atteint comme conséquence de la précipitation chimique du phosphate et de la récupération ultérieure du précipitant dans la matrice de la floculation biologique. Cette quantité précipitée de calcium phosphate - en particulier dans des régions d'eau dure - et la précipitation de phosphore additionnel sous forme de traces de fer, d'aluminium et de magnésium normalement présentes dans les eaux usées, conduisait à une élimination générale, efficace. Si cette hypothèse était correcte, l'élimination efficace du phosphore par le procédé de la boue activé exige un changement de l'ambiance chimique, en particulier de la valeur pH.

L'élimination optimale du phosphore n'exige pas seulement une absorption maximale mais, au surplus, la décharge du phosphore soluble de retour vers l'écoulement clarifié doit être minimisé. On a fréquemment observé qu'après l'absorption, pendant le processus de la stabilisation des substrates, l'efficacité générale du procédé fut considérablement réduite par la désorption de phosphore au cours de l'aération continue et / ou de la clarification finale (10, 11). L'absorption, les mécanismes de décharge afférentes et les paramètres en rapport avec cette décharge sont disputables.

Il en résulte de la littérature en la matière que plusieurs facteurs exercent une influence sur l'élimination biologique du phosphore. La plupart des chercheurs ont cité le degré et le temps de l'aération comme plus important critère.

Dans la littérature un rencontre un certain désaccord en rapport avec la concentration optimale des matières liquides

et matières colloïdales mixtes (MLSS). Evidemment, l'absorption élevée fut atteinte avec des MLSS élevés aussi bien que réduits de l'ordre de 500 mg/l à 4300 mg/l. A la station d'épuration San Antonio de Texas, le résultat optimal était de 1000 mg/l ou légèrement supérieur (12). On a constaté également, que l'élimination générale maximum de phosphate avait été atteinte avec des charges organiques de 45 à 55 livres de D.B.O. / jour / 100 livres de MLSS en état d'aération. D'autres chercheurs ont signalé que l'absorption biologique de phosphore est toujours en proportion avec la nouvelle croissance de la boue (15,16,17).

II.1.1. Rapport sur les essais de laboratoire

Effet du temps d'aération et de la charge de boue sur l'absorption de phosphore et de nitrogène

En vue de la définition du genre et de la détermination des mécanismes de l'absorption de phosphate et de nitrogène et de la décharge par le procédé de la boue activée, l'auteur et NAWAR (18) ont fait plusieurs investigations. L'accent fut mis, en premier lieu, sur l'effet du temps d'aération et de la charge de boue. Les résultats des essais de laboratoire avec des mixtures d'eaux usées "désencollage" et "blanchiment/désencollage" sont représentés sur les schémas graphiques (1-7).

Le schéma 1 permet de conclure que les quantités de nitrogène nécessaires ont augmentées graduellement pendant les premières heures d'aération et qu'ensuite une diminution graduelle fut observée jusqu'à la 24^{me} heure d'aération.

La quantité de phosphore utilisée était située dans la région de 0,65 à 1,1 kg P/100 D.B.O. éliminé, temps de rétention: une heure. Cette valeur avait atteint son maximum à la quatrième heure d'aération et ensuite une diminution graduelle fut observée jusqu'à la vingt-quatrième heure d'aération (fig. 2). La même tendance signalée en rapport avec les eaux usées "désencollage" se manifestait au cours des essais effectués avec des mixtures d'eau usée "désencollage/blanchiment" (fig. 3 et 4). Du schéma 7 on peut conclure l'existence d'un rapport entre le besoin de phosphate et la charge de boue. D'autre part, une diminution de

la quantité de nitrogène nécessaire fut observée en augmentant la charge de boue (fig. 5 et 6). Cela peut être dû au fait que dans une mixture complexe d'eau usée avec une concentration de D.O.B. élevée le taux de la synthèse est indépendant de la concentration nutritive. Le résultat en est un taux maximum et constant de croissance cellulaire. Dans cette phase, on a enregistré un relèvement graduel du besoin de phosphore parallèlement avec l'accroissement du taux de croissance.

Si le taux de l'élimination commence à diminuer, la boue présente encore du carbone organique non assimilé. Tandis qu'au-delà de ce point l'élimination se trouve en diminution constante, la synthèse garde son taux maximum jusqu'à l'épuisement de la concentration de carbone excessive dans la cellule par la transformation en masse cellulaire. Ceci provoque une diminution rapide du besoin cellulaire en carbone et phosphore accompagnée d'une augmentation correspondante du nitrogène cellulaire. Ce même phénomène fut démontré par plusieurs chercheurs (19, 20, 21) GAUDY ayant traité des eaux résiduaires des papeteries a signalé un point maximum des hydrates de carbone après trois heures d'aération et un point maximum correspondant du protéine cellulaire après six heures d'aération.

Mc WHORTER et HEUKELEKIAN (19) ont prouvé qu'en présence de substrate externe le nitrogène cellulaire était de 8 à 9 % par rapport au poids et avait atteint 12 % lorsque le carbone accumulé était épuisé pour la synthèse. La diminution rapide dans une masse cellulaire après épuisement des substances peut être attribuée à la transformation des hydrates de carbone accumulés en protoplasme cellulaire (21). Ceci pourrait servir d'exploitation pour la diminution des besoins en nitrogène en cas d'augmentation de la charge organique.

II.2. Elimination chimique

L'élimination du phosphore par précipitation chimique ne fait pas partie des investigations. L'expérience faite dans les grandes installations industrielles et les installations-pilote de démonstration montre que les sels ferriques, les

sels d'aluminium et la chaux peuvent également agir comme précipitants de phosphore des eaux usées.

Le phosphore précipité chimiquement lié est évacué avec la boue et n'est pas redissous sinon il y a une réduction sensible de la valeur pH. Les doses chimiques de sels ferriques et sels d'aluminium sont liées à la contenance de phosphate et au besoin de rendre disponible des produits hydrauliques du métal en quantité suffisante. Au cours d'un essai de laboratoire effectué à Cincinnati, une élimination de phosphate de 80 et 90 % fut atteinte avec un rapport molaire de Al^{3+} : P de 1.5 : 1 respectivement 1.4 : 1 (23). THOMAS (24) a indiqué un dosage de 2.05 mg/l de Fe^{3+} qui était nécessaire pour éliminer 1 mg/l. P. BARTH et ETTINGER ont signalé que 1.8 mg/l d' Al^{3+} étaient nécessaires pour l'élimination de 1 mg/l de P (25).

Lors de procédés chimiques rigoureux, la précipitation du phosphore a lieu soit dans un décanteur primaire soit dans un bassin de clarification tertiaire. La méthode chimico-biologique prévoit un dosage chimique directe à destination du bassin d'aération de la station de boue activée. Dans des installations de lits bactériens, la précipitation chimique s'effectuera de préférence dans le bassin primaire. Le dosage chimique directe du lit bactérien s'est avéré peu efficace. Le passage ultérieur à travers le lit bactérien - pour satisfaire à la nécessité métabolique peut être considéré comme une amélioration supplémentaire.

Dans une installation de boue activée, le point d'addition de l'ion métallique est de moindre importance. Des éliminations efficaces ont été atteintes en cas de dosage des eaux usées après la clarification primaire, dans le bassin d'aération ou à proximité du point de sortie des substances liquides mixtes. Toutefois, l'efficacité générale de l'installation dépend largement des possibilités de saisir ces précipitations dispersées par la floculation biologique et de les éliminer de l'écoulement final de l'installation.

II.2.1. Investigation de laboratoire

Etant donné que la coagulation est un procédé qui généralement est accompagné de frais considérables, il sera utile de compenser une partie de ces frais par une économie de frais du traitement biologique.

Des recherches de laboratoire continues visant à étudier les possibilités d'optimiser le traitement des eaux usées par la combinaison de filtre haute capacité avec médies plastiques et traitement chimique et physique ont eu lieu. La figure 8 montre le schéma de l'écoulement de l'installation. Des résultats moyens obtenus sont indiqués au tableau (1). La coagulation chimique fut effectuée à l'aide de l'écoulement non déposé de la phase biologique.

L'analyse des données recueillies prouve que des éliminations efficaces de composés organiques présents dans le lit bactérien furent atteintes dans les cas où les sels ferriques et les sels d'aluminium ont été utilisés en doses optimales et à des valeurs de pH optima. Des éliminations de D.C.O. de l'ordre de 93 à 95 % ont été atteintes. Les éliminations de D.B.O. correspondantes ont varié entre 95 et 97 %. Des cellules bactériennes furent déstabilisées et éliminées de la solution conjointement avec la coagulation des autres matières colloïdales. Environ 91 % des microbes viables antérieurement présents, ont été éliminés par l'utilisation d'une dose optimal du coagulant. En outre, des éliminations remarquables de matières nutritives, responsables de l'eutrophisation, ont été atteintes avec le procédé de la coagulation. On a signalé des éliminations totales de phosphate jusqu'à 97,5 %.

Grâce à l'addition d'un filtre de charbon activé il a été possible d'augmenter l'efficacité du traitement. Une élimination de D.C.O. entre 46 et 78 % de l'écoulement chimiquement traité a eu lieu. On a constaté des résidus totaux de carbone organique entre 0.5 et 5 mg C/l. En plus, une réduction (90 %) des cellules bactériennes viables fut atteinte. Une concentration de phosphore dans l'écoulement de moins de 0.05 mg P/l fut signalée.

III. Discussion et conclusions

Les résultats de ces investigations et l'étude de la littérature afférente permettent de conclure que l'élimination du phosphore par la synthèse biologique et l'absorption excessive (luxury uptake) est un procédé peu satisfaisant. Les principaux critères et les paramètres de service n'ont pas été suffisamment sélectionnés et élaborés pour assurer un contrôle efficace de l'élimination du phosphore par des mécanismes purement métaboliques. Par conséquent, il sera indispensable d'appliquer des méthodes chimiques ou chimico-biologiques quand il s'agit d'éliminer le phosphore des eaux résiduaires d'une manière rassurante.

Cependant, la coagulation est un procédé coûteux en général et il serait utile de compenser une partie de ces dépenses par une économie de frais du traitement biologique. EDEN (26) a constaté que la production de D.B.O. d'un écoulement de 20 mg/l avec bassin d'humus ultérieur exige un lit bactérien chargé d'environ 0.15 lb D.B.O. /yd³/d. Toutefois, il est possible de produire un écoulement de D.B.O. de 50 mg/l par exemple, à partir d'une eau résiduaire moyenne par traitement dans un lit bactérien avec une charge de 1.5 lb D.B.O./yd³/d ce qui permettra une économie considérable de capacité filtrante. La surface de base du filtre pourrait encore être réduite en cas d'utilisation de média plastiques étant donné la possibilité d'augmenter sensiblement la hauteur du filtre. En général, les avantages du système de filtration haute capacité avec média plastique cité plus haut (27 - 29) s'ajoutent à un nombre d'avantages qu'offre la combinaison de l'unité de coagulation et floculation.

L'analyse des données et l'étude des expériences précitées nous permettent d'en tirer les conclusions suivantes:

1. Des éliminations efficaces de composés organiques présents dans les écoulements de lits bactériens ont été atteintes en cas d'utilisation de doses optimales de sels ferriques

et sels d'aluminium et de valeurs pH optimales. Des éliminations de D.C.O. de l'ordre de 93 à 95 % ont été atteintes. Les éliminations de D.B.O. correspondantes ont varié entre 95 et 97 %. Des cellules bactériennes furent déstabilisées et éliminées de la solution conjointement avec la coagulation des autres matières colloïdales. En plus, des éliminations remarquables de matières nutritives, responsables de l'eutrophisation, ont été réalisées avec le procédé de la coagulation. Des éliminations totales de phosphate jusqu'à 97.5 % ont été signalées.

2. L'addition d'un filtre de charbon activé permettrait d'augmenter l'efficacité du traitement. Ceci est particulièrement important dans les cas où un haut degré de traitement des eaux résiduaires est nécessaire. Les valeurs atteintes des résidus de D.C.O. de l'écoulement chimiquement traité étaient de 46 à 78 %. On a constaté des résidus totaux de carbone organique de l'ordre de 0.5 à 5 mg C/l. En plus, une réduction de 90 % des cellules bactériennes viables fut obtenue.

Tab.1: Résultats des essais à partir de procédés biologiques, chimiques et physiques

Grosseur du grain (mm)	Temps de séjour (min)	D.C.O. (mg O ₂ /l)		carbone organique total (mg C/l)		phosphate total (mg P/l)				
		écoul.	écoul. i.p.	écoul. c.a.	écoul. i.p.	écoul. c.f.	écoul. c.a.	écoul. i.p.	écoul. c.f.	écoul. c.a.
	20	27.0	13.0	7.0	20.0	8.0	4.5	2.6	0.5	0.05
0.5-0.75	30	29.0	18.0	4.0	19.0	11.0	5.0	3.0	0.4	0.00
	60	22.0	13.7	3.0	12.5	3.0	0.5	2.9	0.3	0.02
	20	24.5	14.9	4.6	13.0	8.0	3.0	7.0	0.5	0.02
0.3-0.5	30	28.0	17.5	4.0	20.0	14.0	4.5	3.6	0.7	0.05
	60	28.5	17.0	3.6	19.8	7.0	1.5	3.0	0.5	0.05

écoul. i.p. = écoulement du lit percolateur

écoul. c.f. = unité de coagulation/floculation, écoulement, 30 mg Al³⁺/l

écoul. c.a. = écoulement après traitement par charbon actif

Littérature

1. OKUN, D.A.: Advanced treatment of wastewater research needs. Public Health Papers No. 38 World Health Organization Geneva (1974).
2. SAWYER, C.N.: Biological Engineering in sewage treatment. Sewage Works J. 16 (1944), 925.
3. SAWYER, C.N.: Some new aspects of phosphates in relation to lake fertilization. Sewage and Ind. Wastes 24 (1952), 768.
4. SAWYER, C.N.: "ABC's of cultural eutrophication Part I cultural changes". Water and Sewage Works 120 (1971), 278.
5. SAWYER, C.N.: "ABC's of cultural eutrophication Part II, wastewater". Water and Sewage Works 120 (1971), 322.
6. CAMPBELL, L.A. & HORTON, A.J.: The diurnal cyclical biological purification - Depurification of phosphate in an activated sludge plant. Developments in Industrial Microbiology 10 (1969), 160.
7. VACKER, D., CONNELL, C.H. & WELLS, W.F.: "Phosphate removal through municipal wastewater treatment at San Antonio, Texas", J. Water Poll. Control Fed. 39 (1966), 750.
8. SCALP, M.R. et al: Phosphate removal by activated sludge - Amenability studies at Baltimore, Maryland. Report, Robert S. Kerr Water Research Centre, U.S. Dept. of the Interior, FWPCA, Ada, Oklahoma (1968).
9. PENG, V.H.: Phosphorus and the activated sludge Process. Water and Sewage Works 109 (1952), 431.
10. LEVIN, G.V., SHAPIRO, J.: Metabolic uptake of phosphorus by wastewater organisms. J. Water Poll. Control Fed. 37 (1965), 800.
11. RANDALL, C.W. et al: Phosphate Release in the activated sludge process. Journal Sanitary Engin. Division, ASCE, 96 (1970), 395.

12. VACKER, D., et al.: "Phosphate removal through municipal wastewater treatment at San Antonio, Texas. J. Water Poll. Control Fed. 39 (1967), 750.
13. MOORE, H.G. et al.: Uptake by microorganisms - Batch tests with dilute activated sludge cultures. CRWR Report No. 41, Univ. of Texas, Austin (1969).
14. MENAR, A., JENKINS, D.: The fate of phosphorus in waste treatment process: The enhanced removal of phosphate by activated sludge. Proc. 24th Purdue Industrial Waste Conference (1969).
15. HALL, M.W., ENGELBRECHT, R.: Uptake of soluble phosphorus by activated sludge: Parameters of influence. Proc. 7th Industrial Water and Waste Conference, Univ. of Texas, Austin, Tex. (1967) 8, Section II.
16. JENKINS, D., MENAR, A.: A study of the fate of phosphorus during primary sedimentation and activated sludge treatment. SERL Report 67 - 6, Sanitary Eng. Research Lab., Univ. of Calif., Berkely, Calif., (1967).
17. SEKIKAWA, J.: Release of soluble orthophosphate in the activated sludge process. Advances in Water Pollution Research 2 (1966), 261 WPCF, Washington, D.C.
18. NAWAR, S.S.: New trends in the treatability of textile and dyeing wastes. PH.D. Thesis, Water Pollution Control Dept. Cairo, Egypt (1973).
19. Mc WHORTER, T.R. & HEUKELEKIAN, H.: Growth and endogenous phases in the oxidation of glucose. Advances in Water Pollution Research, Vol. 2, Pergamon Press, New York, 1964.
20. ENGELBRECHT, R.S., Mc KINNEY, R.E.: Activated sludge cultures developed on pure organic compounds. Sewage and Ind. Wastes 29 (1957), 1350.

21. ECKENFELDER, W.W.: Industrial Water Pollution Control.
Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1966
22. GAUDY, A.F.: Shock loading activated sludge with spent sulfite pulp mill wastes. *J. Water Poll. Control. Fed.* 34 (1962), 124.
23. SHINDALD, A.: Nitrogen and phosphorus removal from wastewaters. *Water and Sewage Works* 121 (1972), 60.
24. THOMAS, E.A.: Phosphatfällung in der Kläranlage von Uster und Beseitigung des Eisenphosphat-Schlammes. *Vierteljahresschrift in der naturforsch. Gesellschaft in Zürich* 111 (1966), 309.
25. BARTH, E.F., ETTINGER, M.B.: Mineral controlled phosphorus removal in the activated sludge process. *J. Water Poll. Control Fed.* 39 (1967); 1362.
26. EDEN, G.E.: Some speculations on the development of nonbiological methods of sewage treatment. *Effluent and Water Treatment Convention. Earls Court, London, (1969), 1.*
27. RINCKE, G.: Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Abwassertechnik. *Österreichische Wasserwirtschaft* 22 (1970), 280.
28. RINCKE, G.: Technology of plastic medium trickling filters. *Proc. 5th Int. Conf. Water Pollution, 1* (1970), 11.
29. RINCKE, G.: Tropfkörperverfahren, Abwasserbehandlung. *Wiener Mitteilungen - Wasser-Abwasser, Heft 6, N-1, (1971), 11 - 18.*

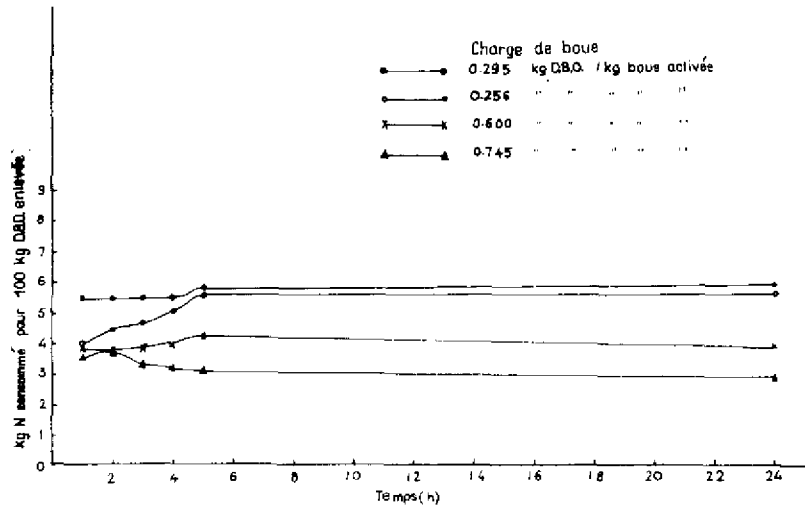


Fig. 1: Influence du temps d'aération sur les besoins en azote des eaux usées de désencollage, différents taux de charge de boue

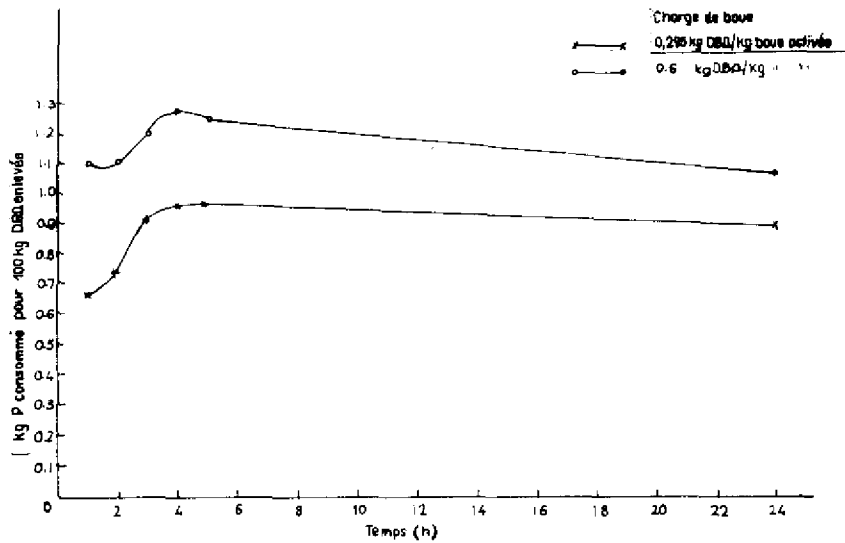


Fig. 2: Influence du temps d'aération sur les besoins en phosphore des eaux usées de désencollage, différents taux de charge de boue

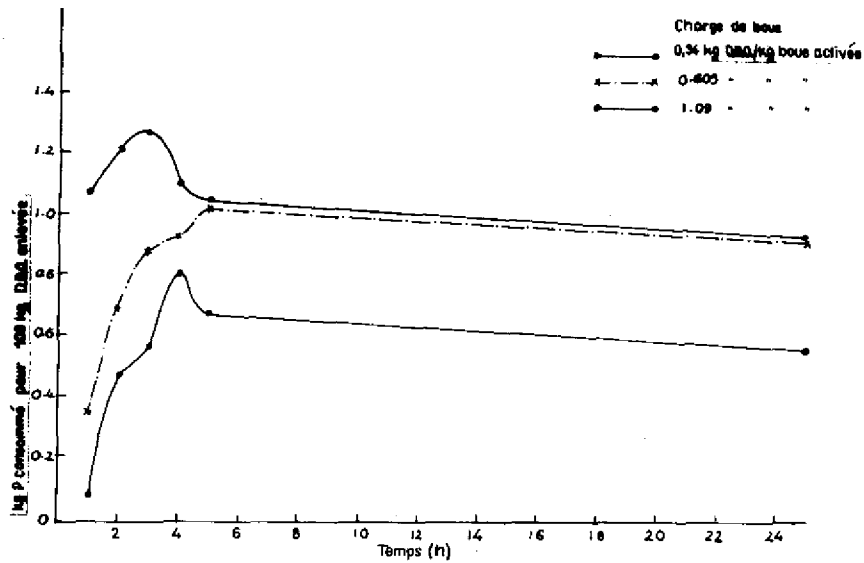


Fig. 3: Influence du temps d'aération sur les besoins en phosphore des eaux usées de désencollage/blanchiment, différents taux de charge de boue

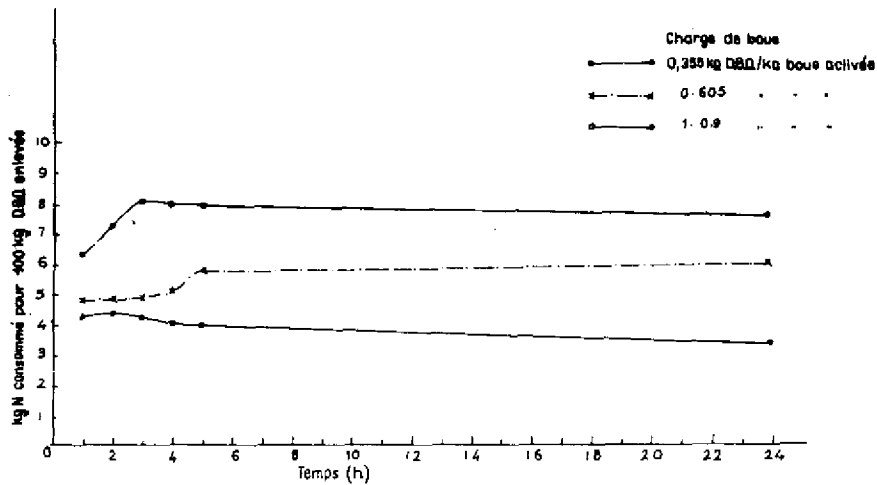


Fig. 4: Influence du temps d'aération sur les besoins en azote des eaux usées de désencollage/blanchiment, différents taux de charge de boue

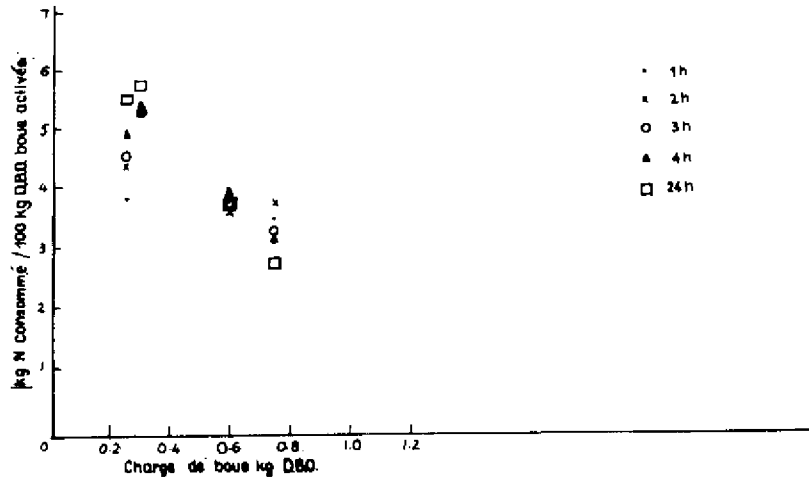


Fig. 5: Relations entre la charge de boue et les besoins en azote pour le traitement des eaux usées de désencollage; différents temps d'aération

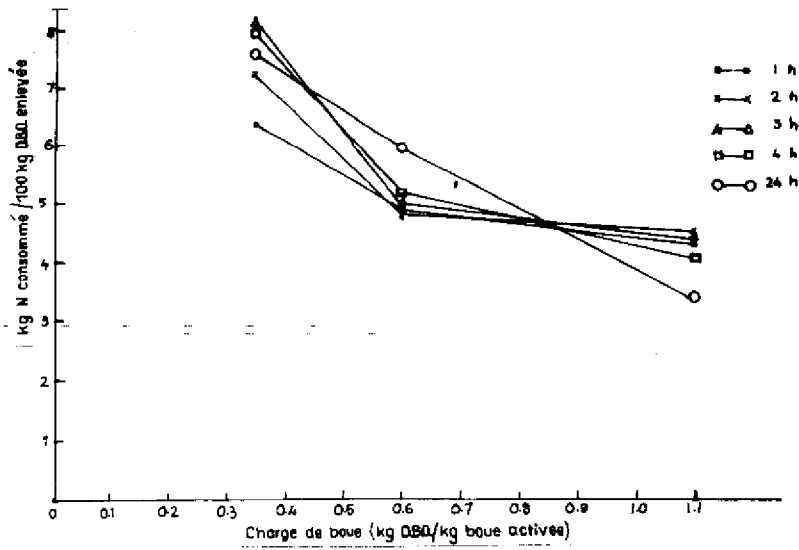


Fig. 6: Relations entre la charge de boue et les besoins en azote pour le traitement des eaux usées de désencollage/ blanchiment; différents temps d'aération

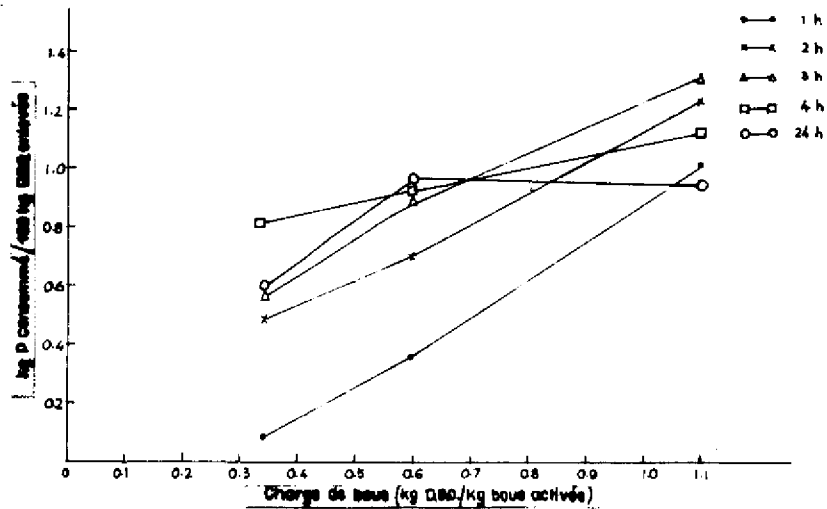


Fig. 7: Relations entre la charge de boue et les besoins en phosphore pour le traitement des eaux usées de désencollage/blanchiment; différents temps d'aération

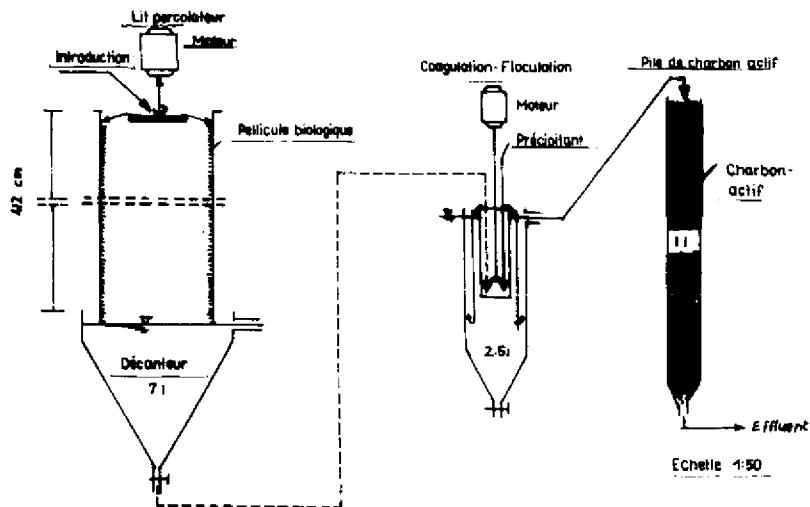


Fig. 8: Diagramme schématique de l'installation utilisée

ASPECTS ECONOMIQUES ET SOCIAUX DE L'EUTROPHISATION: L'IMPOR-
TANCE DU SUJET PAR RAPPORT AU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE

S. V. GANAPATI

Department of Biochemistry, University of Baroda
Inde

Comparées à la superficie totale des océans et des mers qui couvrent trois quarts de la surface de la terre, les sources d'eau douce, et lenitiques et lotiques, semblent insignifiantes. En plus, la quantité d'eau sous la surface des continents est fort considérable, bien qu'on n'en sache pas la quantité effective.

Néanmoins, plus tôt ou plus tard, le monde, avec une population existante d'environ trois milliards et un taux de croissance de 1,7 % par année, sera confronté avec le problème d'une pénurie sérieuse en eau à cause de la croissance explosive de la population et du développement progressif de l'agriculture et de l'industrie. En plus, l'eutrophisation croissante d'eaux de surface et d'eaux souterraines ne réduit pas seulement les ressources existantes en eau douce et en amoindrit la qualité, mais elle demande aussi des procédés d'épuration coûteux et compliqués. Sans l'approvisionnement suffisant en eau pure et saine les nations ne peuvent pas exister et par conséquent ne peuvent pas produire les biens nécessaires pour qu'elles puissent survivre.

Des activités possibles pour préserver l'humanité d'une situation menaçante de catastrophe dans les cinquante années suivantes sont: (1) la recherche de nouvelles sources d'approvisionnement en eau, p. ex. en utilisant les icebergs de la région antarctique, en épurant de l'eau de mer, en changeant le climat par la production de pluies artificielles, etc. (3); ou (2) par le contrôle de l'utilisation des sources existantes d'approvisionnement qui en devrait prévenir la pollution superflue, le but étant de réutiliser l'eau le plus souvent possible, soit pour la même soit pour une autre fin jusqu'à ce qu'elle soit tellement polluée qu'une régénération s'avère inévitable avant une récirculation ultérieure (4).

Des ressources nouvelles de l'approvisionnement en eau

Ce programme est déjà en voie de réalisation dans quelques régions côtières du nord-est et de l'est moyen et aussi dans des pays occidentaux. Des pays qui ne disposent pas de quantités adéquates de bonne eau font des efforts sérieux pour transformer de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre en eau douce. Les techniques utilisées dans ce but dans les pays technologiquement avancés de l'ouest sont: distillation, congélation, hydratation, osmose inverse et électrodialyse. Les trois premières méthodes sont de nature thermique et se basent sur des changements de température, où les composants solides dissous dans la solution étant enlevés ou par vaporisation ou par solidification de l'eau. Les deux derniers procédés se basent sur une séparation de l'eau et des sels par application de membranes.

La transformation d'eau de mer ou d'eau saumâtre en eau douce

Aux Etats-Unis on effectue déjà des recherches importantes en vue d'une baisse des frais de dessalement d'eaux saumâtres par le développement d'installations électriques sur la base de l'énergie nucléaire. La base de ce procédé est l'application, pour le dessalement de l'eau de mer, de vapeur excédente produit dans les installations nucléaires, ce qui rend le procédé économique.

A présent on pompe l'eau pour Benghazi en Lybie dans des trous de mine éloignés de 30 km de la ville. Elle est saumâtre et contient 650 - 2.000 ppm de solides complètement dissous - par comparaison 350 ppm dans l'eau de Londres. L'eau saumâtre, qui a une salinité inférieure à l'eau de mer, est dessalée plus économiquement par l'électrodialyse que par tout autre procédé. La Grande-Bretagne est en train d'installer à cette fin une installation gigantesque qui peut fournir 5 millions de gallons (22.000 m³) par jour. Considérant le fait que les habitants de Benghazi boivent de l'eau d'une salinité de jusqu'à 2.000 ppm au maximum, la nouvelle installation sera un bienfait pour eux.

D'Israël, on informe sur une méthode qui permet de récupérer toutes les eaux usées de la région de Tel Aviv en les épurant dans les dunes de sable au sud de la ville. Ensuite on les redistribue pour l'utilisation dans des usines, des cuisines et des

fermes. Il ne faut pas concevoir la récupération des eaux résiduaires et l'épuration comme des mesures isolées. Tout cela complète un autre plan qui prévoit la construction d'une installation pour dessaler l'eau de mer sur la côte méditerranéenne. Ces deux mesures amèneront une augmentation des ressources en eau quotidiennes d'Israël de 100 millions de gallons (455.000 m³ par jour). On a l'intention de combiner les deux procédés de telle sorte que cela soit économiquement réalisable. L'eau usée traitée seule serait bon marché et pure, mais trop salée pour un vaste domaine d'utilisation. D'autre part l'eau de mer dessalée serait trop coûteuse. Une combinaison des deux procédés dans des proportions égales rendrait en même temps bon marché l'eau pour l'agriculture et d'autres domaines d'utilisation et stable l'approvisionnement en eau.

La réutilisation d'eaux usées

Ce programme fut anticipé par l'ingénieur d'hygiène allemand KARL IMHOFF qui, déjà en 1931, a attiré l'attention sur les possibilités et les limites du cycle eau - eau usée - eau: "Du point de vue du spécialiste d'épuration d'eau et comme résultat des expériences ainsi que de l'observation de la nature, il n'y a pas de doute qu'on ne puisse épurer et réutiliser dix fois les eaux usées d'une ville. Cela implique que, pour arrêter la salinité croissante, une ville n'a qu'à remplacer par de l'eau pure que jusqu'à 10 % des eaux usées rassemblées et les pertes par l'évaporation. Les besoins restants peuvent être satisfaits par ses propres eaux usées" (5).

Un tel programme est favorable pour des villes qui se trouvent dans des régions arides ou semi-arides et/ou loin de la côte. La réutilisation des eaux usées semble la seule possibilité pour mettre obstacle à la pénurie croissante en eau due à l'eutrophisation progressive dans ces localités pendant la période actuelle.

Une étude de la situation actuelle dans les pays hautement industrialisés de l'ouest montre que du point de vue technique il est réalisable et possible de réutiliser des eaux usées domestiques après leur épuration et leur régénération naturelle ou artifi-

cielle. A Chanute, aux Etats-Unis, on épure les eaux usées dans des bassins de décantation, tandis qu'à Bielefeld, République Fédérale d'Allemagne, on traite biologiquement les eaux usées et les retourne vers les nappes souterraines desquelles la ville reçoit son eau.

La recherche actuelle nous fournit aussi la preuve d'une récirculation complète par l'approvisionnement en eau des cosmonautes.

Il s'ensuit qu'à l'avenir il faut adopter systématiquement les méthodes d'épuration et de régénération d'eaux usées qui deviennent de plus en plus réalisables, et que des "eaux usées" deviendront toujours plus importantes pour l'approvisionnement en eau potable ou en eau pour l'agriculture et/ou l'industrie.

La situation actuelle

Dans les pays techniquement avancés de l'ouest, des quantités toujours plus grandes d'eaux usées domestiques et/ou industrielles (ou des déchets liquides des usines) sont introduites dans la très bonne eau des fleuves, lacs et réservoirs où il ne se fait qu'une dilution insuffisante. Les méthodes conventionnelles de traitement de déchets ne sont pas à même de traiter efficacement les combinaisons "difficilement oxydables" qui existent en quantités toujours plus grandes. Ces substances-là viennent des usines qui produisent les détergents, des pesticides, des herbicides, etc. Même dans des concentrations très faibles, elles peuvent produire des effets désastreux puisqu'il y a de moins en moins d'eau de dilution disponible et que l'auto-épuration des eaux, en général, ne fonctionne pas pour des pollutions inorganiques ni non plus pour des combinaisons organiques qui ont déjà résisté à un traitement d'eaux usées (7).

En Grande-Bretagne on a constaté qu'au début de ce siècle les fleuves montraient généralement une valeur de D.B.O. de 5 jours de 2,0 ppm. Pendant les 50 ans suivants les conditions se sont radicalement détériorées. La pollution de l'eau des fleuves augmente et cette eau est remplacée par un volume égal d'eaux usées domestiques et industrielles. Voilà pourquoi on ne peut plus longtemps se fier à ce que la dilution réduise les effets de la

pollution par des eaux usées traitées contenant des sels inorganiques et des substances organiques hautement compliquées.

En plus, l'industrie continue d'introduire de nouvelles combinaisons organiques telles que détergents, pesticides et herbicides dans les eaux. Quelques-unes de ces substances polluantes organiques ne résistent pas seulement à une décomposition par oxydation, mais restent efficaces même après une dilution extensive. Ainsi, l'approvisionnement en eau à l'ouest qui prend l'eau de fleuves pollués est exposé à une "pollution furtive" (8).

On met son espoir dans des méthodes de traitement d'eau usée additionnelles qu'on connaît comme "polissage", "traitement tertiaire" ou traitement final des eaux usées. Les formes les plus importantes de ce traitement sont: traitement en lagunes, filtration intermittente rapide, microfiltration par crible, filtration lente, traitement dans des pelouses (non pas irrigation de terres), chloration, adsorption par du charbon actif, résines d'échange d'ions et membranes. Parmi toutes les méthodes nommées, le traitement en lagunes dans des étangs dits de "maturation" est le plus économique. Mais on peut seulement l'appliquer là où la terre est bon marché et les conditions climatiques sont favorables, là où les charges organiques peuvent varier fortement et où les ressources pécuniaires sont limitées. On rencontre le plupart de ces conditions dans les pays tropicaux, comme en Afrique, au Moyen-Orient, au Proche-Orient et à l'Extrême-Orient.

L'Institut National pour la Recherche d'Eau du Conseil pour la Recherche Scientifique et Industrielle de l'Afrique du Sud a effectué des investigations sur l'utilisation d'étangs d'oxydation pour l'épuration d'eaux usées. Les résultats de ces recherches ont mené à un emploi progressif en Afrique de Sud et du Sud-Ouest (9). L'institut a constaté que le système de traitement avec des étangs d'oxydation (ou étangs de stabilisation) a l'avantage d'être économique et simple quant à sa construction, son fonctionnement et son maintien. L'eau qui est produite avec ce traitement est apte à être réutilisée et ce système est un meilleur moyen contre la pollution que d'autres systèmes de traitement conventionnels.

Les systèmes de maturation sont très utiles puisqu'ils minimisent l'eutrophisation jusqu'à présent non-contrôlée de fleuves, lacs et réservoirs qui reçoivent des eaux usées traitées, et qu'ils peuvent être utilisés à des fins variées. L'eau usée introduite dans les étangs de maturation devrait déjà être suffisamment stabilisée par un traitement d'eau usée conventionnel ou dans une chaîne d'étangs de stabilisation. L'épuration dans les étangs de maturation est principalement le résultat d'activités biologiques et d'une épuration biochimique accélérée comme c'est illustré par la décomposition ultérieure des détergents. Souvent, une prolifération d'algues cache cette amélioration de la qualité chimique.

Les processus biologiques, qui améliorent une eau usée chimiquement et bactériologiquement, entraînent en plus une épuration virologique. Du point de vue virologique, un système d'étangs devrait être aussi bas et aussi étendu que possible, si bien que le temps de séjour de l'eau usée dépasse le temps de survie normal d'un virus infectieux. Cela souligne qu'il est important d'éviter les circuits courts et montre la nécessité de disposer de plusieurs étangs arrangés en chaînes pour le traitement tertiaire d'eaux usées.

Le traitement en lagunes

TAYLOR (10) a résumé les résultats de ses recherches pendant trois années, concernant le traitement en lagunes d'une eau usée partant les installations conventionnelles d'écoulement d'eau usée à Rye Meads, Herfortshire, Angleterre. Une partie de l'eau usée complètement traitée a été passée par trois lagunes basses d'une profondeur entre 5,3 et 11,5 ft (1,6 à 3,5 m), qui travaillaient en chaîne et qui avaient une capacité de 30 millions de gallons (136.000 m³) avec un débit de 1,5 millions de gallons par jour (6.800 m³/d). Il en a résulté un temps de séjour de trois jours dans la première lagune, de 5 jours dans la deuxième et de 9 jours dans la troisième, avant que l'eau ait été introduite enfin, après 17 jours, dans la Tamise. Les résultats ont été fort satisfaisants. On avait produit une eau qui avait une qualité comparable à une bonne eau de fleuve. Les lagunes ont agi comme un "amortisseur" entre l'installation de traitement d'eau usée et le fleuve de telle façon qu'un excès de vases ou de humus en

suspension dans l'eau a été retenu dans les lagunes et qu'un "choc" de substances toxiques ou indésirables, qui s'est déclaré subitement, a été dilué par la grande quantité d'eau en circulation dans les lagunes. En plus, cette méthode rend possible une protection des poissons contre des substances nuisibles.

On a pu constater aussi une amélioration considérable de la qualité organique de l'eau usée après le passage des lagunes. Un indice particulier du traitement en lagunes consistait dans le fait qu'il était possible d'introduire une eau usée tout à fait oxygénée dans le fleuve ce qui a permis d'éviter des effets nuisibles à la pisciculture. La croissance d'algues n'a pas influencé de façon négative les solides suspendus et les valeurs de D.B.O.; en général on a obtenu pour les deux paramètres des valeurs au-dessous de 5 mg/l. Il n'y a pas de doute qu'on puisse alimenter le circuit de récupération d'eau avec une eau d'écoulement de cette qualité, même si la capacité de passage de ce circuit n'a qu'un volume double que l'eau d'écoulement; même au-dessous si la qualité d'eau du fleuve est extraordinairement bonne. Un autre indice particulier du traitement en lagunes était la réduction de 99,5 % des bactéries spécifiques d'une eau usée. Des organismes pathogènes comme le groupe de Salmonella étaient, pour l'essentiel, disparus après le passage de la lagune. Des entérovirus ont été isolés de même occasionnellement; on ne les a trouvés que dans deux des échantillons pris dans la troisième lagune pendant cette période de trois ans.

Il s'ensuit que le traitement en lagunes qui est effectué dans une chaîne d'étangs est très efficace quant à l'élimination de microbes pathogènes, de parasites et de virus.

Des installations de stabilisation (lagunes) à Ahmedabad, Inde

La municipalité d'Ahmedabad était peut-être la première en Inde qui en tant qu'essai a fait construire une chaîne de 8 lagunes par lesquelles on passait par jour environ un demi-million de gallons (2.273 m³) d'eau usée domestique brute avant de l'introduire enfin dans le fleuve Sarbarmati. Les étangs existent depuis 1962. En 1966/67, à des saisons différentes, on a fait des

investigations physico- et biochimiques, bactériologiques et biologiques afin de pouvoir juger de leur rendement quant à la production d'une eau d'écoulement finale, qui corresponde aux standards, fixés par l'O.M.S. et l'Institution de Standards de l'Inde, pour une eau brute qui sert comme eau de base à un traitement ultérieur, si bien qu'en cas de calamité on peut l'utiliser comme eau potable après un traitement dans les usines d'eau.

Les étangs fonctionnent sur la base de l'autorégulation et ils nécessitent seulement un petit contrôle de fonctionnement. Par l'étude de l'eau des étangs pendant une période de deux ans PARKER (11) pouvait conclure que les variables physico-chimiques dans les eaux d'écoulement finales montraient une amélioration considérable. Du point de vue bactériologique l'eau d'écoulement finale était conforme aux demandes de l'O.M.S. et de l'Institution de Standards de l'Inde et en plus elle ne contenait pas de microbes pathogènes. On suppose qu'un temps de séjour de 42 jours suffit pour éliminer les entérovirus de l'eau finale.

Développement du concept de régénération d'eaux usées

La nécessité de la réutilisation d'eau usée devient un problème toujours plus urgent puisque les ressources en eau fraîche s'épuisent. On a trop peu évalué jusqu'à présent qu'une réutilisation est inhérente au système double d'alimentation en eau et emploi de l'eau usée qu'on pratique on la dérive p. ex. tout le long des fleuves américains. Si l'industrie ou les villes régénèrent 80 % de l'eau qui est utilisée, l'alimentation existante en eau douce pourrait être augmentée 5 fois (7). On a fait des efforts considérables à l'ouest pour informer la population du concept de l'utilisation d'eau traitée et s'opposer à la séparation établie sans fondement entre eau et eau usée. Avec la demande croissante et l'emploi croissant d'eau usée traitée et d'eaux de fleuves, la qualité de l'eau sera plutôt déterminée par son utilisation prévue que par la nécessité d'éviter des dommages. Le trou existant entre la fin de traitement des eaux usées et le début de l'alimentation avec cette même eau sera bientôt de plus en plus petit. Dans cet ordre d'idées, des ingénieurs d'hygiène aux Etats-Unis réfléchissent déjà pour abolir

complètement ce trou, si bien qu'il serait possible dans une ville munie d'une canalisation de produire à partir des eaux usées municipales une eau apte à un traitement ultérieur dans les mêmes usines d'eau qui assurent l'alimentation en eau domestique. Alternativement il serait possible de produire une eau usée qui peut être utilisée ou indirectement à la production d'énergie, ou à l'industrie ou à l'agriculture comme eau de compensation, ou pour remplir des bassins, ou pour rendre plein un fleuve épuisé qui ensuite peut être utilisé lui-même en tant que source d'eau brute (12). Alors, il ne faut pas utiliser l'eau une fois et puis la jeter après, mais "il faut utiliser et puis réutiliser et réutiliser et réutiliser l'eau jusqu'à ce que la demande d'eau soit satisfaite" (13).

Littérature

Pas indiquée par l'auteur.

**PROBLÈMES D'UNE UTILISATION SYSTEMATIQUE ET A LONG TERME DE LA
RESSOURCE NATURELLE EN EAU EN R.D.A.**

W. GRINGMUTH et H. ROOS

Akademie der Wissenschaften der DDR, Zentral-
institut für Wirtschaftswissenschaften, Berlin

République Démocratique Allemande

Résumé

Le travail traite de la situation concernant l'aménagement des eaux, le bilan d'eau et l'évolution du besoin en eau. En raison des grands besoins de la société socialiste développée, l'économie des eaux a atteint un niveau qui exige de l'utilisation multiple de l'eau. Une utilisation systématique et à long terme des ressources en eau ne peut s'effectuer que par le développement des formes d'intensification de l'utilisation d'eau, notamment de l'utilisation multiple d'eau. La qualité d'eau des eaux courantes et des lacs reflète d'une part l'utilisation intense de l'eau et les technologies reprises du capitalisme, et d'autre part les efforts faits concernant l'épuration des eaux résiduaires. Sont exposées les mesures appliquées en R.D.A. en vue d'une utilisation systématique de l'eau.

La République Démocratique Allemande compte parmi les pays hautement industrialisés disposant d'une agriculture et d'une sylviculture intensives. Cela explique qu'en R.D.A. toutes les ressources naturelles, en particulier l'eau, doivent satisfaire à de très grandes exigences. Le bilan d'eau montre que la R.D.A., avec des précipitations atmosphériques moyennes de 628 mm par an et une quantité d'amenée de l'Elbe et de l'Oder équivalant à 88mm de précipitations annuelles, a la plus faible quantité d'eau à sa disposition en comparaison aux autres Etats industrialisés du monde. Tandis que dans presque tous les pays d'Europe la quantité annuelle d'eau se chiffre à plus de 2000 m³ par habitant, en R.D.A. elle se monte à environ 900 m³ seulement. Pourtant ce n'est que la moitié environ qui en peut être utilisée. Il en résulte

une quantité d'eau stable de 8,7 milliards m³/a, à quoi s'ajoute, en temps des basses eaux, un supplément disponible de 1 milliard par an pris des barrages-réservoirs et des lacs exploités. Quant aux eaux souterraines, les réserves vérifiées de 120 millions m³/a étaient encore suffisantes dans la période du plan quinquennal 1971 - 1975; l'objectif de l'exploration hydrogéologique pour 1976 - 1980 se chiffre cependant à 140 - 160 millions m³/a.

Le niveau de l'utilisation des eaux est de 40 % environ en R.D.A. qui, par là, se trouve à la tête des Etats industriels du monde. (A comparer: les niveaux d'utilisation des autres Etats industriels d'Europe sont inférieurs à 17 %.) Actuellement, dans les mois secs, l'utilisation multiple d'eau peut être portée au facteur 1,5, dans les régions d'agglomération, l'utilisation multiple atteint déjà la valeur de 3 - 4.

Tandis que la quantité d'eau disponible restait essentiellement constante, le besoin en eau s'est développé comme suit:

Tableau 1

Le besoin en eau en R.D.A. (millions m³/a)

	1970	1975	accroissement (%)
population	930	1 130	21
industrie	5 520	5 860	11
agriculture	790	1 110	40
au total	7 240	8 100	12

Le développement pronostiqué du besoin en R.D.A. jusqu'à 1990 prévoit le plus grand accroissement dans l'agriculture, le redoublement du besoin de la population et un faible accroissement dans l'industrie. Le développement du besoin en eau fait voir qu'en 1980 déjà le besoin moyen en eau à l'échelle de la R.D.A. sera égal à la quantité stable d'eau. Dans les années suivantes, on doit avoir recours davantage à l'utilisation multiple de l'eau: cela exige de nouvelles mesures dans l'aménagement des eaux visant à élargir par voie intensive les ressources naturelles en eau, notamment en ce qui concerne l'amélioration de la qualité de l'eau.

Pour atteindre l'extension considérable des champs cultivés prévus à irriguer, des mesures doivent être prises par l'administration des ressources en eau. L'irrigation qui, en 1970, avait couverte 50 000 ha sera augmentée d'ici 1980 entre 480 000 et 520 000 ha. Puisque l'eau nécessaire ne peut pas être prise cent pour cent des eaux courantes pendant la période de végétation, il faudra à l'avenir des réservoirs avec un volume plus grand qu'il n'existe actuellement. Les seuls besoins de l'agriculture prendront une part considérable du volume accru tel qu'il est prévu dans les plans d'élargissement des réservoirs d'ici 1990. Jusqu'à 1980, les besoins de retenue devront être élargis de manière à accumuler 1,4 milliards m³ d'eau.

Les lois économiques, sociales et politiques de la société socialiste favorisent un développement rapide de l'économie nationale. Cela a des conséquences aussi dans l'économie des eaux. Ainsi le haut pourcentage de 4,8 % des investissements totaux a été investi dans ce secteur économique (1974), qui est doté d'un très riche inventaire d'équipement, de machines, etc. se chiffrant à 14,7 milliards marks seulement dans la sphère municipale. Cela représente, calculé sur le total des fonds financiers d'équipement de l'ensemble de l'industrie, un pourcentage de 6,8 %, les fonds d'équipement ayant trait à l'économie des eaux et relevant des entreprises industrielles non compris. Ces chiffres montrent que des moyens très importants sont dépensés en R.D.A. afin d'assurer que l'approvisionnement en eau puisse satisfaire aux exigences croissantes.

C'est une tendance constante que le besoin en eau va en augmentant bien qu'il y ait beaucoup d'efforts en R.D.A. pour réduire l'usage spécifique de l'eau et notamment la consommation d'eau dans l'économie nationale par l'introduction de technologies ne nécessitant que peu ou pas d'eau. La directive du IX^e Congrès du S.E.D. sur le développement économique de la R.D.A. prévoit jusqu'à 1980 de baisser la consommation d'eau industrielle de 20 % et d'augmenter l'utilisation multiple de l'eau. Par le développement économique (accroissement de la production) et spécialement par la meilleure satisfaction des besoins des habitants (construction de logements et d'institutions sociales, modernisation des logements vieux), comme résultat de l'unité de la poli-

tique économique et sociale, le besoin absolu en eau augmentera considérablement dans notre société. La consommation d'eau de la population est un facteur essentiel dans le cadre de la consommation accrue d'eau en général. A Berlin, p. e., la consommation pendant les mois d'hiver est aujourd'hui déjà aussi grande que celle en été il y a 5 ans. Les différences dans la consommation d'eau dues aux différents niveaux d'équipement des logements se dégagent du tableau suivant:

Tableau 2

Consommation d'eau dans les quartiers du centre de Berlin, capitale de la R.D.A.

40 - 70 l/jour/personne dans les logements vieux
110 - 115 l/jour/personne dans les logements modernisés
125 - 135 l/jour/personne dans les logements de construction récente

L'eau joue aussi un rôle de plus en plus important en ce qui concerne le maintien des fonctions écologiques et la stabilisation de l'équilibre biologique dans les régions de la R.D.A. mises en valeur d'une manière intensive.

Actuellement, il n'y a pas de possibilités réalisables pour faire augmenter l'apport d'eau, c.-à.-d., pour élargir les ressources naturelles en eau par voie extensive. Les exigences objectivement croissantes auxquelles il faut satisfaire, nécessitent catégoriquement d'intensifier l'utilisation d'eau en R.D.A. Par là, l'intensification s'avère le problème principal dans l'utilisation rationnelle des ressources naturelles. Elle est réalisée en R.D.A. sous deux formes:

- utilisation multiple de l'eau qui le plus souvent est en temps une utilisation à buts multiples;
- réduction de l'usage et de la consommation de l'eau dans l'économie nationale, en particulier par unité d'un produit. En règle générale cette voie est cependant impraticable lorsqu'il s'agit du besoin de la population. Dans les documents du IX^e Congrès

du S.E.D., l'approvisionnement en eau et le traitement des eaux usées sont considérés comme tâche décisive qui incombe à l'économie des eaux dans le cadre du programme de la construction de logements au cours du quinquennat prochain.

En 1975, le besoin en eau a été couvert en R.D.A. pour 3 quarts d'eaux de surface (p. ex. eaux courantes, lacs) et pour 1 quart d'eaux souterraines. L'augmentation de l'apport d'eau nécessaire pour satisfaire à la consommation croissante sera réalisée non seulement par l'extraction intensifiée d'eaux souterraines mais aussi et surtout par le recours plus considérable aux eaux de surface. En même temps, il sera nécessaire d'améliorer l'état et la qualité des eaux courantes, de réduire le degré d'eutrophie dans les lacs et les barrages-réservoirs ainsi que d'augmenter la part des eaux de surface contrôlables grâce aux installations d'accumulation. Cette part actuelle comporte théoriquement 1 cinquième de la prise des eaux de surface et représente donc un degré déjà relativement haut de contrôle.

Vu les grands besoins de l'économie socialiste développée, une population à consommation élevée d'eau par tête d'habitant et la haute densité de la population, l'économie des eaux de la R.D.A. exige de l'utilisation multiple. Une utilisation systématique et à long terme des ressources naturelles en eau ne sera possible, dans les pays comme la R.D.A. où l'intensité de l'utilisation de l'eau est déjà haute, que si l'on poursuit de développer les formes spécifiques de l'intensification. Cela signifie qu'il faut créer toutes les conditions d'une telle intensification par l'utilisation multiple et aux objets multiples. Ces conditions impliquent:

- la réduction de la concentration de substances étrangères dans l'eau de surface, entraînant une production excessive de matières biologiques,
- le développement de technologies propres à empêcher cette concentration et
- enfin, dans le domaine économique, la restriction de la progression des dépenses et des coûts dans l'utilisation multiple pour unité d'eau à degré trophique croissant.

La lutte contre l'eutrophisation des eaux courantes, problème important concernant l'amélioration de l'état et de la qualité de l'eau prouve que dans les pays où l'ensemble du territoire subit une exploitation intensive la société est depuis longtemps obligée d'intervenir elle-même pour stabiliser la biosphère. Mais maintenant il est nécessaire, à cause des coûts considérables que requiert une telle stabilisation, et outre la meilleure utilisation des technologies et procédés existants, d'en appliquer de nouveaux comme l'élimination des substances fertilisantes dans l'eau. Cette stabilisation demande un niveau plus élevé dans les domaines technologique et économique.

L'état et la qualité des eaux courantes en R.D.A. reflètent d'une part l'utilisation intensive de l'eau et les technologies reprises du capitalisme, d'autre part les efforts faits relatifs à l'épuration des eaux résiduaires. Malgré l'augmentation considérable de la production environ 2 cinquième des eaux courantes sont en R.D.A. des eaux propres ou relativement peu polluées. De grands succès ont été obtenus lors du raccordement des habitants à l'approvisionnement central et au réseau de canalisation (avec des effets sur l'état et la qualité d'eau), comme le tableau suivant le montre:

Tableau 3

Capacité et productivité des usines d'approvisionnement en eau et du traitement des eaux d'égout

An	Capacité journalière des eaux potables et industrielles (en millions m ³ /d)	Quantité d'eau livrée par tête des habitants raccordés au réseau central d'approvisionnement (l/d)	Habitants raccordés au réseau central d'approvisionnement (en pour cent de la population entière)	Habitants rattachés au réseau de la canalisation de la centralisation en total	dont rattachés au réseau de la canalisation avec installation de clarification
1965	3,8	93	79	59	39
1970	5,1	100	81	60	43
1974	5,8	112	84	63	46
1980 (plan)	6,8				

Des mesures économiques susceptibles de stimuler les efforts pour veiller à la propreté des eaux courantes (droits d'utilisation de l'eau, taxes pour l'émission et la quantité des eaux résiduaires à cause des fixations des valeurs-limites) ont eu pour effet que la qualité de l'eau s'est améliorée d'un ou deux classes d'utilité dans plusieurs sections des cours d'eau. Pour les zones de toutes les rivières en R.D.A., des programmes ont été élaborés concernant leur assainissement progressif conformément à la loi sur l'utilisation des eaux.

Il faut cependant tenir compte des particularités de la structure géographique de l'économie nationale de la R.D.A. caractérisée par des centres de forte concentration. Ce ne sont que 15 p. c. de la surface du pays où se fait la moitié de la production industrielle et où habitent les 2 cinquièmes de la population. Cela a pour conséquence, que la pollution des eaux dans les grandes agglomérations industrielles reste toujours considérable. Si l'on considère ce problème sous son aspect hydrographique on doit constater que, parmi les quatre agglomérations de la R.D.A. (Berlin, Leipzig/Halle, Karl-Marx-Stadt/Zwickau, Dresde) dans lesquelles la moitié de la production industrielle est concentrée, seulement Dresde est situé sur un cours d'eau récepteur efficace. Dans la Mulde, rivière avec un débit moyen d'environ 60 m³/sec, se jettent les eaux résiduaires de deux agglomérations industrielles.

En R.D.A., les lacs et les eaux stagnantes accusent dans la majorité un degré eutrophique élevé. Ces eaux sont donc caractérisées, en ce qui concerne la bioactivité, par une grande intensité de la production primaire des substances biologiques. Les lacs oligotrophiques sont devenus très rares. Sont eutrophiques pourtant le plus grand lac en R.D.A. - Müritz - ainsi que le lac Müggelsee avec une surface de seulement 7,7 km² et une profondeur moyenne de 5 m, situé dans l'enceinte de la ville de Berlin pour l'approvisionnement en eau de laquelle il est important. Beaucoup de lacs ne possèdent pas d'hypolimnion aérobie et en conséquence pas de liaison sûre du phosphate dans le sédiment.

La haute teneur en matière nutritive des lacs naturels situés principalement au Nord et dans la partie moyenne de la R.D.A., est due à l'utilisation intensive du sol et des eaux comme ressources na-

turelles. Cette utilisation intensive consiste dans l'utilisation multiple et à buts multiples des eaux qui servent par exemple de milieu pour l'affouragement des poissons et la pisciculture intensive ainsi que pour l'élevage intensif d'oiseaux d'eau, qui ont leur fonction pour la récréation, qui absorbent des eaux usées ménagères et industrielles à degrés d'épuration différents. Enfin, les matières d'érosion, surtout des surfaces cultivées à exploitation intensive, viennent se déposer dans les lacs.

L'intensité de l'exploitation agricole du sol en R.D.A., qui influe sur l'eutrophisation, s'exprime dans les phénomènes suivants. Notamment depuis 1960, la quantité d'engrais minéraux a augmenté par bonds. Entre 1960 et 1973, la quantité utilisée des substances qui ont une influence décisive sur l'eutrophisation, a presque triplé pour l'azote et doublé pour l'acide phosphorique. Pour les années de 1968 à 1972, on a employé en moyenne 236 kg d'engrais azoté, phosphoré et potassique par ha de surface cultivée. Pour 1980 sont prévus environ 340 kg/ha. En 1970, la proportion entre l'azote, le phosphore et la potasse était 1:0,41:1. Or, l'utilisation des engrais minéraux est particulièrement importante pour l'économie des eaux et prédomine largement sur l'utilisation des engrais organiques. Ceux-ci n'ont, dans l'approvisionnement totale de nos sols en substances nutritives, qu'une part de 27 % pour l'azote et de 20 % pour le phosphore. Pour le territoire de la R.D.A. il est permis d'admettre qu'environ 3 quarts des émissions possibles d'azote et 14 % des émissions possibles de phosphore dans les eaux proviennent des surfaces cultivées. Sous nos conditions économiques et géographiques, 1 ha de la surface cultivable correspond, quant à la charge des eaux en azote, à 8,1 habitants et pour le phosphore à 0,4 habitants.

Malgré l'introduction de nouveaux principes en vue de réduire les pertes assez considérables d'engrais (emploi d'engrais minéraux très concentrés, choix bien réfléchi du moment le plus favorable pour la distribution des engrais, moyens freinant l'urase et la nitrification), le contrôle de la pollution des eaux causée par l'agriculture n'est pas encore suffisant pour réduire considérablement l'eutrophisation des eaux. La circulation accrue de l'eau dans le budget de la nature, en particulier l'irrigation croissante

de la surface cultivable et le drainage occasionnant des décharges plus grandes, conduira avec des mêmes principes d'engraissement à une élévation du lessivage minéral du sol.

Un autre facteur est le débit des engrais liquides organiques (de lisier) dont l'importance croissante est due aux méthodes industrielles dans l'élevage de bétail, méthodes qui se développent sans cesse. Le lisier est à la tête des déchets organiques quant à la teneur en substances nutritives. Ces déchets animaux exigent une attention particulière pour veiller à ce qu'ils seront employés sans nuire aux eaux souterraines et de surface. En R.D.A., la récupération s'effectue par le sol ou la production végétale. Sous l'aspect de l'utilisation des substances nutritives et des substances organiques, c'est le procédé le plus rationnel et le moins coûteux. Mais, il contribue à l'eutrophisation des eaux. D'intensives recherches pour trouver d'autres possibilités d'utilisation et récupération du lisier se poursuivent en R.D.A. et on doit tenir compte aussi du fait qu'il n'y a pas partout les surfaces cultivées nécessaires pour absorber le lisier, à proximité des centres d'élevage (production animale industrielle) où il est produit. Il est en outre un très grand avantage si l'on dispose d'une série de procédés appropriés qui permettent le traitement et la récupération des déchets organiques en tenant compte de l'environnement afin d'en pouvoir prendre mieux en considération les conditions particulières, comme aussi les conditions géographiques et économiques, ainsi que des objectifs déterminés (désodorisation, réduction des substances nutritives, passage par des émissaires).

La qualité des eaux de surface dépend encore du volume des eaux résiduelles émises et du degré d'épuration ainsi que du potentiel d'auto-épuration des eaux. Parmi ces facteurs qui influent sur la qualité de l'eau, les eaux usées industrielles sont en R.D.A. le plus important. Plus que la moitié des eaux usées industrielles proviennent des industries énergétique, chimique et du lignite.

Le potentiel d'auto-épuration des eaux de surface doit rester intact. Il est un service gratuit rendu par la nature ayant des dimensions gigantesques et une capacité très grande. L'économie en R.D.A. doit tout particulièrement en profiter et, par conséquent,

tout faire pour protéger ce processus naturel et le développer systématiquement. Il est impossible de jamais accumuler les fonds nécessaires pour ne réaliser cette épuration que dans les seules installations artificiellement créées.

Une autre condition pour conserver l'auto-épuration de l'eau en R.D.A. est la réduction de l'échauffement des eaux de surface causé par l'industrie et les centrales électriques (et favorisant l'eutrophisation). L'économie de la R.D.A. est caractérisée par une haute consommation d'énergie électrique, due surtout aux grands besoins énergétiques de l'industrie chimique. Avec une production d'énergie électrique de 80 milliards kWh en 1974 et une consommation de 4 750 kWh par tête, la R.D.A. compte parmi des pays les importants en ce qui concerne la production d'énergie électrique. L'échauffement artificiel de l'eau qu'occasionnent les centrales thermiques et d'autres processus industriels, doit être considéré comme une espèce de la pollution des eaux et comme un facteur de l'eutrophisation.

La situation est encore aggravée par tout un éventail de substances toxiques introduites dans l'eau, la plupart provenant de l'industrie.

On peut donc enregistrer en R.D.A. une forte charge des eaux courantes en mêmes temps qu'elles doivent satisfaire aux exigences très hautes quant à la quantité et la qualité. Ces exigences ne cessent d'augmenter, entre autres par le fait que l'eau entre en jeu de plus en plus dans la division du travail interrégionales et l'interpénétration (redistribution régionale), ce qui exige un degré trophique assez réduit.

En R.D.A. on fait des efforts considérables pour empêcher les substances nutritives d'entrer dans les eaux de surface, et cela par la construction d'installations d'épuration à effet biologique, en partie avec traitement du sol suivant.

L'utilisation plus intensive de l'eau, l'utilisation à buts multiples, l'interpénétration de plus en plus poussées entre les cycles hydrologiques naturels et la reproduction sociale font augmenter la pollution des eaux courantes et l'eutrophisation, pour le moins en tendances. L'utilisation de l'eau 6 à 8 fois de

suite, ce qui est regardé comme le maximum d'une utilisation multiple, est encore loin d'être atteinte en moyenne dans le territoire de la R.D.A., mais dans les agglomérations industrielles on pouvait constater en certains moments un rapprochement à cette valeur. Une telle augmentation de l'utilisation intensive de l'eau conduit aussi en soumettant les eaux résiduaires à des procédés d'épuration jusqu'ici usuel à une forte pollution restante et exige à l'avenir une élimination des substances nutritives.

Cela demande des dépenses importantes pour veiller à la propreté des eaux courantes et des lacs. En R.D.A., on a développé à cet effet et mis à l'essai dans les agglomérations des modèles mathématiques pour optimiser les coûts nécessaires pour la modernisation des installations de l'épuration et de traitement d'eau. Pour le traitement direct des eaux de rivière s'ensuivent d'après LEHMANN les coûts suivants en fonction de la qualité d'eau (figure 1).

Ici se dégage clairement dans quelle mesure les coûts du traitement dépendent de la qualité de l'eau brute. L'augmentation des coûts correspondant à la pollution croissante de l'eau brute résulte surtout de l'élévation des coûts pour les produits chimiques. A partir d'un niveau déterminé, les coûts du traitement des eaux à pollution croissante augmentent très rapidement. Dans un rapport concernant la "Zwickauer Mulde", on a calculé les coûts d'épuration des eaux résiduaires et les coûts ainsi évités pour les entreprises qui utilisent l'eau de cette rivière. Les résultats en sont les suivants:

Tableau 4

Qualité de la décomposition dans le cours d'eau	coûts évités en pour cent, se rapportant aux coûts du traitement de l'eau usée
1 (facile)	68 - 49
2 (difficile)	114 - 84
3 (aucune)	160 - 118

Puisque dans cette rivière dominent les possibilités 2 et 3, les coûts évités (et calculables), en conséquence de l'absence de l'épuration de l'eau, sont plus grandes que les coûts nécessaires pour l'épuration des eaux résiduaires. Il se produit donc un effet économique. Il ne s'y agit pas d'une charge économique par les mesures d'environnement (épuration des eaux résiduaires), mais on obtient des avantages économiques.

Les formes et mesures particulières pour une utilisation à long terme et systématique des eaux comme ressource naturelle et leur utilisation intensive en R.D.A., susceptibles d'empêcher la pollution et l'eutrophisation des eaux sont:

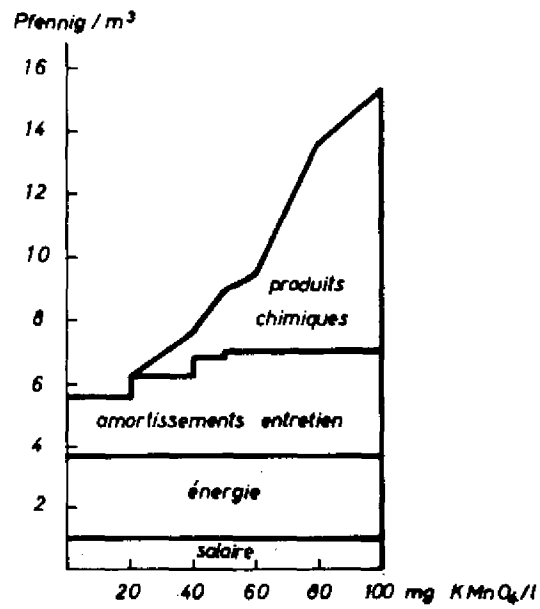
- réalisation de programmes étatiques de recherches concernant l'économie des eaux établis d'après un plan coordonné (interessant surtout le Ministère de la protection de l'environnement et de l'économie des eaux, et le Ministère des sciences et de la technique)
- élaboration des modèles pour l'aménagement à long terme des bassins fluviaux et des barrages ayant permis d'augmenter la quantité de l'eau d'irrigation de 10 %
- exploitation des nappes aquifères au moyen de modèles géohydroliques
- orientation à l'utilisation d'eau souterraine de préférence comme eau potable et des eaux de surface dans une plus grande mesure comme eau industrielle
- réduction de prises d'eau de surface, du besoin biologique en oxygène pendant 5 jours ainsi que des émissions de substances étrangères dans les eaux par des stimulants d'ordre économique nécessitant jusqu'à la modification d'un processus de production, tenant compte des cycles de l'eau
- construction de stations d'épuration communes (eaux ménagères et industrielles usées ensemble), qui favorise la propriété socialiste des moyens de production
- intégration de l'utilisation à des fins agricoles (et aussi sylvicoles) dans processus d'épuration (troisième niveau de l'épuration), réorganisation des champs d'épandage aux environs des grandes villes

- recherches concernant les dépenses économiques de la construction de systèmes séparatifs d'assainement dans les nouveaux quartiers d'habitation pour réduire la quantité des eaux résiduaires à épurer.

Sous les conditions de la société socialiste développée en R.D.A., le processus de la reproduction hydrologique est planifié d'une manière coordonnée pour l'ensemble d'un territoire donné. L'objectif en est de satisfaire, grâce à des mesures économiques et techniques appropriées, les besoins croissants de l'économie et de la population et d'aboutir à des effets structureaux les plus grands au sens d'une reproduction élargie intensive. Dans la mesure que les ressources naturelles, dont l'eau, seront intégrées de plus en plus dans le processus de la reproduction économique, l'élargissement intensif des conditions naturelles de l'environnement gagne une importance et exige une planification à long terme dans le secteur de l'économie des eaux, ce qui implique une coordination étroite avec la planification de la protection de l'environnement.

Littérature

1. Direktive des IX. Parteitages der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands zur Entwicklung der Volkswirtschaft der DDR 1976 - 1980. Berlin 1976
2. Statistisches Jahrbuch der Deutschen Demokratischen Republik 1975. Bd. 20, Berlin 1975
3. Autorenkollektiv: Reproduktion der natürlichen Umweltbedingungen. Forschungsberichte des Zentralinstituts für Wirtschaftswissenschaften der Akademie der Wissenschaften der DDR, Nr. 8, Berlin 1974
4. LEHMANN, H.: Beitrag zur Schaffung optimaler Beschaffenheitsverhältnisse in Fließgewässern unter Berücksichtigung der Abwasserbehandlung, der Wasseraufbereitung und sonstiger Nutzungen. Wasserwirtschaft - Wassertechnik 21 (1971) 12, 404 - 410
5. KRAMER, D.; KRÜGER, W.; SCHULZ, F.: Gewässerverunreinigung durch Nährstoffe aus der landwirtschaftlichen Produktion und Maßnahmen zu ihrer Verhinderung. Wasserwirtschaft - Wassertechnik 22 (1972) 9, 311 - 314



Des coûts spécifiques de l'épuration de l'eau directe et leurs parts pour 40 000 m³/jour eau, classe de qualité I (d'après H. Lehmann).

PECHE EN EAU DOUCE ET ETAT DES EAUX

H. HEROLD et D. BARTHELMES

Institut für Binnenfischerei, Berlin

République Démocratique Allemande

Résumé

L'accroissement planifié de la production concernant la pêche en eau douce en R.D.A. correspond par sa tendance à la nécessité de mettre en valeur toutes les réserves de la production de denrées alimentaires, impératif qui s'impose à l'échelle mondiale. En même temps, cet accroissement tient compte de la situation particulière des eaux intérieures en R.D.A.: La restriction de l'utilisabilité des eaux intérieures en R.D.A. pour la production de poissons, par suite de l'introduction d'eaux résiduaires et d'une eutrophisation excessive, a contribué à la nécessité d'intensifier la production de poissons sur les plans d'eau subsistants. Le centre des efforts de l'intensification se situait et se situe toujours dans l'exploitation des étangs. Malgré les grands apports de matières nutritives dans les étangs, on ne risque ici pas d'eutrophisation supplémentaire des émissaires. Il faut en effet s'y attendre dans une certaine mesure lors de l'extension planifiée de la production industrielle de poissons dans les étangs. On a toutefois pris des mesures d'organisation afin que ces effets demeurent faibles et ne se manifestent même pas dans la plupart des cas. En même temps, on a élaboré une conception pour la collaboration à la solution du problème de l'eutrophisation des lacs en proposant des méthodes piscicoles spécifiques. On se propose de mieux utiliser pour la pêche le potentiel biologique de production des eaux eutrophes tout en contribuant à l'amélioration de la qualité de l'eau, par le moyen d'un alevinage renforcé avec des genres de poissons à spectres alimentaires différents. Selon les conclusions tirées à présent, cette méthode est possible et prometteuse. Les effets très différenciés de populations de poissons différentes font espérer en perspective une application de plus en plus meilleure de ces effets en vue d'une optimisation - dans l'intérêt de l'ensemble de l'économie nationale - des utilisations des eaux.

La pêche en eau douce de la R.D.A. a reçu la tâche d'augmenter de plus de 40 %, au cours des 5 années à venir, la production de poissons. Cet objectif correspond par sa tendance à la nécessité mondiale d'augmenter aussi vite que possible la production de denrées alimentaires pour l'homme. Il tient compte par principe des conditions spécifiques données dans notre pays pour l'utilisation des eaux. Ces conditions sont caractérisées par un régime des eaux extraordinairement critique, par une forte pollution causée par les eaux résiduaires industrielles et par une eutrophisation croissante. Sous ces conditions spécifiques, la pêche en eau douce doit aspirer, comme tous les autres utilisateurs des eaux, à l'optimum économique de l'utilisation des eaux. Les possibilités de la pêche en eau douce en R.D.A. sont donc largement tributaires de leurs corrélations avec l'état des eaux.

Depuis le siècle dernier déjà, les possibilités de la pêche en eau douce sont restreintes par les charges imposées par les eaux résiduaires. Il est nécessaire de citer en premier lieu le déclin de la pêche dans les fleuves et rivières, dont les rapports étaient si riches autrefois. En 1963, plus de 80 % des plus importantes eaux de fleuves et de rivières de la R.D.A. étaient à attribuer, d'après ROCHLITZER (1965), à la classe III des qualités de l'eau, dans laquelle le dépérissement des poissons est fréquent. Ces mauvaises conditions qui datent pour la plupart des cas de l'ère du développement capitaliste, ne peuvent être éliminées que très lentement. Alors que les dommages étaient autrefois causés surtout par les eaux résiduaires industrielles et communales, il s'y ajoute de plus en plus, ces dernières années, les eaux résiduaires provenant de l'agriculture intensifiée. Les dépérissements de poissons dus au déficit d'oxygène deviennent de plus en plus fréquents (MÜLLER, 1969; ANWAND, 1975). Les causes en sont les matières contenues dans l'eau qui absorbent de l'oxygène, mais également déjà les apports qui y sont liés, de matières nutritives provoquant des degrés trophiques trop élevés. La plupart de nos lacs stratifiés possèdent en été un hypolimnion anaérobie, si bien que de grandes surfaces des lacs n'entrent pas en ligne de compte pour la production de poissons.

Ces restrictions de l'utilisabilité des eaux intérieures pour la production de poissons ont conduit, entre autres facteurs, à l'intensification délibérée, plus ou moins poussée, des

surfaces subsistantes. Cela concerne en premier lieu l'exploitation des étangs. C'est ici que les centres des efforts concernant l'augmentation de la production de la pêche en eau douce jusqu'à 1980 devront se situer. Il y importe d'introduire à grande échelle une exploitation intensive, faisant appel à des matières de fourrage conditionnées sous forme de pellets. Malgré les grands apports de matières nutritives par les engrais et les aliments, on n'a pas à s'attendre à une charge supplémentaire des émissaires des étangs par des matières nutritives (BARTHELMES, 1975). Les étangs sont exploités en règle générale sans passage d'eau à travers. Seule l'eau évaporée ou infiltrée dans le sol est remplacée. En automne, à la mise à sec des étangs, les concentrations totales de phosphore ne sont pas plus élevées, compte tenu de "l'épaississement" de l'eau d'étang, que dans l'eau de remplissage. Pour les composés azotés, les étangs font toujours l'effet d'unités de dégazage. En fin de saison, la teneur en azote de l'eau des étangs est inférieure d'environ 50 % à celle de l'eau de remplissage. Même au cours de l'intensification future, le bilan de matières nutritives des étangs demeurera équilibré parce que l'apport de matières nutritives pour l'élevage des poissons ne pourra pas être augmenté davantage puisqu'il faut veiller à des valeurs d'oxygène favorables et à de faibles teneurs en ammonium. Un prélèvement renforcé de matières nutritives sera notamment assuré par des dévasements réguliers indispensables pour des raisons techniques liées à la récolte. De même, on s'oriente vers la polyculture avec des poissons herbivores, qui signifie également un prélèvement renforcé de matières nutritives (voir la contribution BARTHELMES: "Sur l'effet du Hypophthalmichthys molitrix dans les éco-systèmes étang et lac"). D'une manière générale, il importe d'atteindre l'objectif que le centre d'intérêt de la pêche en eau douce, soit l'exploitation des étangs, ne soit pas gêné par des défauts évitables de la qualité de l'eau ni ne contribue à la dégradation - en grevant ainsi l'économie nationale - des eaux par une eutrophisation des eaux situées en aval.

Outre l'exploitation des étangs, la pêche dans les lacs sera également intensifiée. Toutefois, l'envergure est ici moins importante. L'objectif consiste ici surtout à utiliser pleinement le potentiel biologique de production, croissant toujours par suite de l'eutrophisation. Dans une moindre mesure, les lacs et

les eaux courantes doivent aussi être utilisés pour l'extension de la production de poissons dans des cages à filets, avec l'emploi d'aliments en forme de pellets. Afin de ne pas accélérer encore davantage le processus d'eutrophisation des eaux en R.D.A., un plan de mesures pratiques a été conclu en 1973 entre les organismes dirigeants de la pêche en eau douce et le Ministère de la Protection de l'Environnement et de l'Economie des Eaux. Ce plan a pour but d'empêcher pratiquement une eutrophisation accrue qui pourrait résulter des apports bien connus entre-temps, de matières nutritives lors de l'alimentation par pellets de carpes et de truites élevées dans des cages à filets (KNÖSCHE, 1971; ALBRECHT, 1972; ROHDE, 1973; BARTHELMES, 1975) par un choix judicieux des emplacements. Pour cela, deux possibilités semblent actuellement exister: D'une part, un dimensionnement des cages à filets dans les eaux données, de telle façon qu'elles ne contribuent qu'un faible pourcentage à l'apport total de matières nutritives et des DRQ de manière qu'elles puissent être négligées dans le bilan des matières nutritives, ou d'autre part une mise en oeuvre concentrée dans des eaux où la production primaire est maintenant limitée par la lumière et non par les matières nutritives et où il faut en partie recourir à l'aéragage artificiel. En même temps, le plan des mesures pratiques prévoit le renforcement de la recherche portant sur la récupération des matières nutritives et sur l'oligotrophisation artificielle entrepris par les organismes de pêche et par les services de l'économie des eaux. Entretemps, ce renforcement a été concrétisé. Ladite recherche a abouti entre autres à l'élaboration de quelques possibilités spécifiquement liées à la pêche, de collaborer à la solution du problème de l'eutrophisation, possibilités qui font l'objet de contributions particulières (JÄHNICHEN, BARTHELMES).

Le but fixé pour la pêche en eau douce, à utiliser pleinement le potentiel de production sans cesse croissant des lacs, ne peut pas être atteint avec les moyens et les méthodes classiques. Lors de l'exploitation traditionnelle des lacs, avec leur population naturelle, la récolte suivait une courbe des optima. Les conditions de récolte les plus favorables se situent dans la zone de l'eutrophie à faible mésotrophie (voir la fig. 1). En présence d'une très faible trophie, la récolte croît d'abord avec la trophie. Dans les eaux à trophie plus forte, elle est

toutefois déjà à nouveau régressive. Ce point était atteint, dans beaucoup de lacs de notre pays, dès les premières décennies de notre siècle. Les pêcheurs se plaignaient d'une "dégradation" croissante des lacs qui était accompagnée d'un trouble avec disparition des plantes aquatiques et, en partie, avec le développement de H_2S dans l'eau profonde (WUNDSCH, 1940; SCHÄPERCLAUS, 1941). En même temps se manifestaient des changements dans la structure des populations qui causaient la régression des récoltes en dépit d'une croissance des productions primaire et secondaire. D'une part, de certains poissons fins ont été refoulés par les changements biologiques s'accomplissant dans les lacs. Cela est vrai surtout pour la petite marène, mais aussi pour le brochet et la tanche. D'autre part, il se manifestait pour les cyprinidés répandus, tels que la brème, une tendance au surpeuplement et, en partant de cela, à la petitesse et au ralentissement de la croissance. Ceci était imputable en partie à la décimation des populations de brochets, et en partie à un déséquilibre croissant entre les conditions de plus en plus favorables pour la production de frai dans le littoral d'une part et d'autre part aux conditions de plus en plus mauvaises pour la nutrition des poissons âgés de plusieurs années sur les aires du fond, par suite de la régression de l'oxygène et du développement de H_2S dans la profondeur. Entre-temps, nous avons pu repousser plus loin, grâce à l'alevinage renforcé, la limite trophique à partir de laquelle des dommages quantitatifs apparaissent pour la pêche. Cela s'applique tout particulièrement à l'alevinage de cyprinidés planctonivores en provenance de l'Extrême-Orient, mais aussi à l'alevinage renforcé de genres du pays, tels que l'anguille. Sous les conditions actuellement données dans la pêche en eau douce, on peut présumer que les rapports en poissons peuvent augmenter, avec la trophie croissante, jusqu'à la limite où il survient régulièrement un dépérissement de poissons par suite du déficit d'oxygène ou de l'apparition de valeurs de pH ou d'ammonium élevées. Mais un dommage permanent provoqué par l'eutrophisation, c'est le déclin relativement précoce des genres de poissons fins mentionnés ci-dessus. On n'est pas en mesure de remédier à ce dommage qualitatif de façon satisfaisante, même pas par l'alevinage, puisque les conditions vitales ne répondent plus, en règle générale, aux exigences de ces genres. Le but fixé pour la pêche

en eau douce, soit l'utilisation convenable de la productivité naturelle accrue des lacs, peut en principe être atteint au moyen d'une composition modifiée des récoltes. Le préalable le plus important en est l'alevinage renforcé mentionné. Celui-ci soulève, d'une manière générale, la question de savoir quelle est la répercussion des poissons sur la trophie.

Si l'on considère isolément les corrélations, on risque facilement de juger négatif le rôle des poissons, en constatant que ceux-ci renforcent la trophie. Les études les plus exhaustives sur cette question ont été publiées par HRBACEK et ses collaborateurs (HRBACEK 1958; HRBACEK, DVORAKOVA, PROCHAZKOVA, KORINEK 1961). Dans les étangs peuplés de carpes et dans les petits plans d'eau situés dans le bas-fond de l'Elbe, on a trouvé que les populations extrêmement grandes de poissons avec des biomasses allant jusqu'à 1 t/ha et avec une faible masse par pièce augmentaient l'intensité de production et la respiration dans ces eaux. La pression de nutrition extrême des poissons décale la composition des genres des filtreurs planctoniques vers des genres moins saisissables. Cela aboutit à la sélection de genres plus petits qui possèdent une vitesse de conversion plus élevée et qui contribuent à augmenter la trophie. Inversement, une faible densité de population des poissons ou une intoxication des poissons ont pour conséquence la prédominance de gros filtreurs dans le zooplancton qui peuvent d'une part - étant des phytoplanctonivores effectifs - décimer le volume des algues jusqu'au stade de l'eau claire et qui réduisent d'autre part la bioactivité dans son ensemble. En même temps, les considérations du bilan des matières nutritives par HEDLICH (1965) et HRBACEK (1965), entreprises aux barrages de Saldenbach et de Slapy, ont mis en évidence que le prélèvement direct de biomasse et de substances nutritives avec la récolte des poissons était en général absolument insignifiant. Bien que seule la pêche à la ligne soit pratiquée dans les réservoirs de ces deux barrages, l'ordre de grandeur des éléments du bilan montre que même une exploitation par les moyens classiques de la pêche, avec des rapports allant jusqu'à 100 kg/ha . an, n'y changerait rien. Les effets augmentant la trophie, exercés par de fortes populations de poissons par suite de décalages écologiques, ne sont donc pas compensés par des exportations notables de matières nutritives avec les

poissons récoltés. Sous ces aspects, il est donc parfaitement logique que, par exemple, RUDOLF (1965) souligne la mise en danger de la population de daphnies qui semblent précieuses au point de vue de l'entretien des eaux, dans le réservoir du barrage de Saldenbach par les nombreuses perches chétives et que HRBACEK (1965) en vient à la conclusion qu'il vaudrait mieux ne pas avoir de poissons dans les réservoirs des barrages. Cette façon de voir les choses ne tient toutefois pas compte de tous les aspects du problème. Elle ne peut donc guère être soutenue. Il faut d'abord constater que toutes les eaux naturelles contiennent spontanément des populations de poissons qui évoluent souvent, précisément si ces eaux ne sont pas utilisées pour la pêche, vers une densité extrême accompagnée d'une faible croissance et que les effets observés par HRBACEK se manifestent alors d'une façon d'autant plus prononcée. De plus, un effet régulateur est produit non seulement par les poissons, mais encore par tous les organismes hétérotrophes, et si poissons et organismes hétérotrophes apparaissent en masse, ils accroissent la trophie des eaux, car ils libèrent des matières nutritives chimiquement liées et créent ainsi d'importantes conditions préalables pour l'accélération de la circulation des matières nutritives. Une importance décisive revient cependant à la concentration des consommateurs. Si ceux-ci risquent d'épuiser de certaines populations d'organismes alimentaires, il s'ensuit des décalages dans la structure de la dominance et dans le fonctionnement du système. De ces points de vue, les populations excessives de poissons zooplanctonivores agissent jusqu'ici en principe de la même manière que les populations excessives de daphnies vues par la même échelle. Les daphnies réduisent les genres et les stades d'algues de taille convenable et favorisent en mettant en liberté des matières nutritives tant l'apparition de stades d'eau claire que la formation de fleurs aquatiques de grandes plantes planctoniques qui ne peuvent plus être éliminées par filtrage à l'état adulte. Si les populations d'organismes alimentaires ne sont pas épuisées par les consommateurs, mais utilisées de manière qu'elles puissent tout juste encore compenser les pertes dues à la pâture - ce qui est possible, comme l'on sait, dans de larges limites - il n'apparaît guère de changements dans le spectre de dominance. Les processus indiqués par HRBACEK pour de

fortes populations de poissons devraient alors être secondaires pour des variations de trophie régulatrices d'une autre nature dans l'eau eutrophe ne jouant pratiquement aucun rôle. Il est évident que l'alevinage renforcé, prévu par les organismes de pêche en eau douce, permettra de régler le niveau requis des populations de poissons beaucoup mieux que ne le feraient les populations de poissons et d'organismes abandonnées à elles-mêmes. La conception élaborée équivaut à une utilisation convenable de tous les niveaux trophiques et à une dégradation énergétique relativement forte. Elle tient déjà compte, à notre avis, des points de vue tant de l'entretien des eaux que de la pêche. Afin d'obtenir l'utilisation adéquate de tous les niveaux trophiques, il serait surtout nécessaire d'apporter dans nos lacs des compléments sur le plan des consommateurs primaires.

Le peuplement avec les carpes argentées phytoplanctonivores rendra déjà possible, d'après les données disponibles jusqu'à présent et compte tenu des principes expliqués, des augmentations du rapport de l'ordre de plusieurs 100 kg/ha. De plus, des mesures de peuplement avec d'autres genres de poissons sont également prometteuses. Il existe enfin encore la possibilité, à condition d'une connaissance suffisante des interdépendances causales, de renforcer le peuplement en vue de la pêche encore au-delà du niveau indiqué, avec des genres de poissons à spectres alimentaires différents afin de provoquer les modifications souhaitables dans les écosystèmes des eaux (des exemples en sont donnés dans les contributions de JÄHNICHEN et BARTHELMES). Au fur et à mesure que les connaissances sur ces interdépendances causales croissent, elles deviennent applicables dans la pratique si l'on développe en conséquence les préalables matérialisés par des mesures d'organisation. La pêche en eau douce de la R.D.A. suit cette voie pour contribuer au cadre de l'économie nationale à la solution optimale du problème de l'eutrophisation et pour réduire ainsi les disproportions existant entre le potentiel biologique de production des lacs et leur rapport en poissons.

Littérature

- ALBRECHT, M. L.: Industriemäßige Karpfenproduktion. Studienanleitung, Institut für Binnenfischerei (1972), 38 p.
- ANWAND, K.: Fischsterben durch Abwassereinwirkungen in der Deutschen Demokratischen Republik in den Jahren 1972 und 1973. Z. Binnenfischerei DDR 22 (1975) 5, 146 - 148
- BARTHELMES, D.: Weiterführung und vergleichende Auswertung der Untersuchungen zur Nährstoffbilanz bei verschiedener fischerlicher Bewirtschaftung. Teil 1.1.4. im Forschungsbericht JÄHNICHEN/BARTHELMES "Entwicklung der Pflanzenfresserproduktion in Teichen und Seen unter Berücksichtigung der Wirkungen auf die Planktonbiomasse", Institut f. Binnenfischerei (1975)
- BAUCH, G.: Die einheimischen Süßwasserfische. 2. Auflage. Redenbeul u. Berlin (1954), 200 p.
- COLBY, P. J., SPANGLER, G. R., HURLEY, D. A., McCOMBIE, A. M.: Effects of eutrophication on salmonid communities in oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Bd. Canada 29 (1972), 975 - 983
- HEDLICH, R.: Die Nährstoffbilanz der Saldenbachtalsperre. Wiss. Z. Univ. Leipzig, Math.-Nat.-Reihe 14 (1965), 261 - 263
- HRBACEK, J.: Typologie und Produktivität der teichartigen Gewässer. Verh. Internat. Verein. Limnol. 13 (1958), 394 - 399
- HRBACEK, J.: Beziehungen zwischen Nährstoffgehalt, Organismenproduktion und Wasserqualität in Talsperren. Wiss. Z. Univ. Leipzig, Math.-Nat.-Reihe 14 (1965), 265 - 273
- HRBACEK, J., DVORAKOVA, M., KORINEK, F. PROCHAZKOVA, L.: Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association. Verh. Internat. Verein. Limnol. 14 (1961), 192 - 195
- KNÖSCHE, R.: Der Einfluß intensiver Fischproduktion auf das Wasser und Möglichkeiten zur Wasserreinigung. Z. Binnenfischerei 18 (1971) 12, 372 - 379
- MÜLLER, H.: Fischsterben in der Deutschen Demokratischen Republik während des Abflußjahres 1968. Dt. Fischereiztg. 16 (1969), 361 - 364
- ROCHLITZER, J.: Gegenwärtige Bedeutung und Perspektiven der Speicherwirtschaft für die Trinkwasserversorgung der Deutschen

- Demokratischen Republik. Wiss. Z. Univ. Leipzig 14 (1965) 2,
297 - 306
- ROHDE, E.: Zur Mehrfachnutzung des Plessower Sees. WWT 23 (1973),
302 - 304
- RUDOLF, K.: Einfluß des Fischbestandes auf die Wasserqualität der
Saidenbachtalsperre. Wiss. Z. Univ. Leipzig, Math.-Nat.-
Reihe 14 (1965), 281 - 283
- SCHÄPERCLAUS, W.: Seenverschlechterung. Z. Fischerei 38 (1941),
345 - 375
- WUNSCH, H. H.: Beiträge zur Fischereibiologie märkischer Seen VI.
Die Entwicklung eines besonderen Seentypus (H₂S-Oscillato-
rien-Seen) im Fluß-Seengebiet der Spree und Havel und seine
Bedeutung für die fischereibiologischen Bedingungen in die-
ser Region. Z. Binnenfischerei 38 (1940), 443 - 658

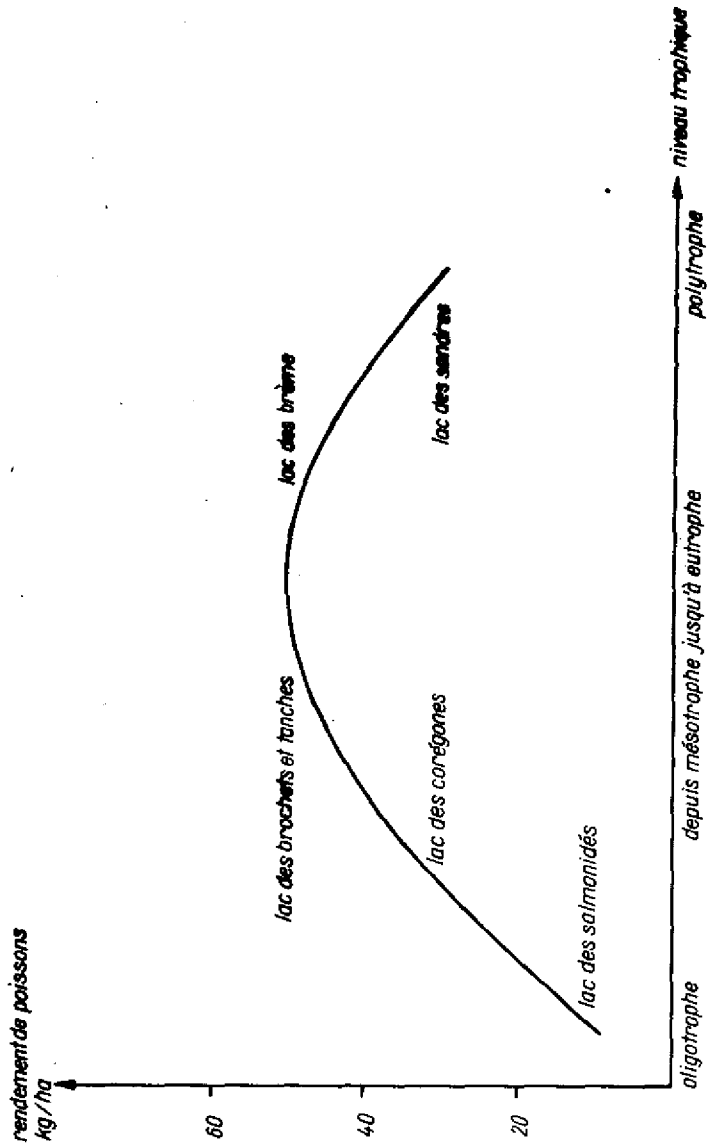


Fig.1: Rapports entre les rendements de poissons, les types biologiques des lacs du point de vue de la pêche et la trophie sur la base de méthodes de pêche classiques en KDA. Avec l'utilisation des chiffres de rendements publiés par BAUCH (1954), chaque fois pour le sous-type I de lac, de même que des indications faites par le collectif d'auteurs COLBY, SPANGLER, HURLEY et MCCOMBIE (1972).

L'EFFET DE LA FERTILISATION DES FORETS SUR L'EUTROPHISATION DES EAUX. THESES GENERALES

T. KOCAN

Polska Akademia Nauk, Warszawa

Pologne

1) L'augmentation du taux d'accroissance de la biomasse du bois de construction par fertilisation permet d'obtenir les résultats désirés, mais les effets secondaires représentent un danger pour la propreté des eaux. Aujourd'hui, ce problème s'accroît dans les pays économiquement développés, et le même danger est imminent aussi dans les autres pays européens.

2) Une application intensive d'engrais minéraux dans les forêts, en forme pure et au dosage d'environ 2000 kg/ha pour CaCO_3 , de 200 kg/ha pour N, de 125 kg/ha pour P_2O_5 , et de 80 kg/ha pour K_2O , peut causer, pendant les précipitations atmosphériques, une érosion superficielle des résidus d'engrais non utilisés par les pentes, ce qui peut aboutir à une eutrophisation des rivières et des lacs.

3) Dans les forêts des types suivants: forêts de conifères humides, jeunes forêts de conifères, jeunes forêts mixtes, bois d'aulnes, etc., avec un niveau élevé des eaux souterraines, une application intensive d'engrais minéraux, si elle dépasse la capacité d'absorption du sol et des arbres, peut provoquer la pollution toxique des eaux souterraines, en réduire l'applicabilité économique et générale et influencer négativement le milieu sol/eau de la forêt.

4) L'application intensive d'engrais minéraux dans les forêts situées sur des sols légers et perméables ou montagneux a pour effet que les eaux souterraines toxiques pénètrent dans les eaux de profondeur des 1^{er} et 2^e horizons et les empoisonnent continuellement.

5) Si l'on considère le rôle hydrorégulateur des forêts en tant que source d'eau pure et biorégulateur des dommages toxiques,

il faut considérer que le phénomène traité ici représente un danger extraordinaire pour l'environnement. La sylviculture, coéquipière dans la lutte pour la protection de la nature et des eaux, devient ainsi l'un des ennemis les plus dangereux de la protection des eaux.

6) Sans contester la nécessité d'intensifier la production de bois de construction, les forêts doivent faire l'objet de mesures appropriées (après investigation scientifique) dont l'objectif est la protection des eaux.

7) Les investigations scientifiques doivent être basées sur ceci: renoncement à l'application d'engrais minéraux dans les forêts montagneuses, dans les forêts sur des sols hautement perméables, dans des forêts situées sur la ligne de partage des eaux, et dans les forêts dites retenant l'eau.

8) Des bandes de végétation appropriées (herbes, buissons ou bocages), exerçant un effet régulateur élevé sur le substrat d'humus, devraient être aménagées sur les berges dépourvues de forêts (en direction du lac ou du fleuve), de telles bandes de végétation devraient être aménagées aussi sur le territoire des forêts ordinaires, afin d'empêcher l'écoulement des eaux de surface sursaturées de solutions minérales, celles-ci étant en même temps utilisées complètement pour la production de biomasse.

9) Dans les régions forestières fertilisées, à niveau élevé des eaux souterraines, des instruments pyrométriques devraient être installés à des distances appropriées. On devrait prélever des échantillons et faire des analyses chimiques de l'eau et du sol, ainsi que des analyses chimiques et morpho-physiologiques de l'appareil d'assimilation et des racines des arbres afin de pouvoir évaluer les résultats possibles des changements survenus dans les propriétés de l'eau, du sol et des plantes. Les résultats des analyses devraient servir de point de départ pour corriger la relation et l'intensité de l'application d'engrais minéraux dans les forêts, et pour décider de l'utilisation possible d'une végétation de sous-bois et de buissons, ceci en vue d'augmenter l'effet régulateur de la couche d'humus du sol et de

retirer l'excédent de substances nutritives des eaux souterraines et du sol, excédents introduits par les engrais minéraux et que les arbres n'ont pas consommés.

10) Un dosage approprié des engrais minéraux assure leur assimilation complète par le sol et les arbres. L'application d'engrais minéraux dans les forêts, allant de pair avec l'irrigation à eau pure, réduit les effets secondaires négatifs de l'amélioration à un niveau naturel. Naturellement, cette opération doit être répétée plusieurs fois pendant la période de végétation et dans les périodes appropriées du cycle de production. Un tel genre de travail de recherche dépasse de beaucoup la situation que nous rencontrons actuellement dans les forêts, mais il est nécessaire quand on considère que les besoins en bois vont en augmentant et qu'en principe, on conservera les surfaces de production telles qu'on les connaît jusqu'ici.

L'application d'engrais dans les forêts nécessite de mener des recherches complexes sur les problèmes ayant trait aux aspects hydrologique et physiologique ainsi qu'à ceux du reboisement et de la fertilisation des forêts.

Il est regrettable que les scientifiques en matière de sylviculture, qui protègent la forêt en tant que telle, ne poursuivent que leurs propres intérêts, sans considérer les effets secondaires dangereux que leurs objectifs pourraient avoir sur les eaux. La preuve en est donnée par le symposium international organisé du 12 au 14 août à Klagenfurth (Autriche) sur "L'Augmentation de la production de bois par l'application d'engrais dans les forêts montagneuses". Au cours de ce symposium, on a souligné l'effectivité de l'application d'engrais, sans pourtant évoquer qu'elle a pour effet secondaire d'empoisonner les eaux. Apparemment, nous devons nous élever contre de telles actions des scientifiques de sylviculture. Ils devraient procéder tout d'abord à des investigations scientifiques, au point qu'en poursuivant leurs objectifs, ils ne nuisent pas à l'eau, élément si important pour la vie.

APPLICATION D'ENGRAIS ET EUTROPHISATION

H. KORIATH

Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Institut für
Düngungsforschung, Leipzig, Bereich Potsdam
République Démocratique Allemande

Résumé

Etant donné l'application accrue d'engrais organiques et chimiques, les problèmes de l'eutrophisation des eaux font l'objet d'une attention particulière en République Démocratique Allemande tant en recherche qu'en pratique. Dans l'article ci-après sont représentés des résultats atteints à la suite des essais de champ et de lysimètre au sujet du déplacement et du lavage de N en cas de fumure à l'aide des engrais chimiques et de lisier. La plus grande partie de l'azote lavé provient des réserves d'azote organique des terres arables. Des doses de lisier jusqu'à 320 kg N/ha n'ont pas entraîné des taux de lavage plus élevés par rapport aux engrais chimiques. En ce contexte on a constaté des liaisons entre les précipitations (atmosphériques) la quantité d'eau de drainage, la structure du sol, l'inventaire végétal et la quantité et le moment du dosage de lisier. Les recommandations de fumure en vigueur en République Démocratique Allemande établies par ordinateur, tiennent compte des paramètres visant à réduire les effets eutrophisants des fertilisants utilisés.

L'approvisionnement optimal des inventaires végétaux en éléments nutritifs représente une base essentielle pour l'intensification de la production alimentaire. L'accroissement du rendement de la production végétale en République Démocratique Allemande est à 50 % dû à l'application des engrais. En raison de l'utilisation accrue d'engrais chimiques et organiques, les problèmes de l'eutrophisation des eaux font l'objet d'une grande attention aussi bien en recherche qu'en pratique, d'autant plus que les chiffres de production élevés et la configuration des terres arables efficaces représentent des objectifs de même valeur pour l'agriculture socialiste de la République Démocratique Allemande. Les me-

sures prises en vue d'éliminer les effets négatifs pour le processus de reproduction social s'entendent comme éléments intégrants du processus de production. Cette coïncidence d'intérêts communs de l'agriculture, de l'économie des eaux et de la protection de l'environnement s'exprime avant tout par la demande pour une grande fertilité des sols et pour des cultures agraires les meilleures possibles. Ceci est lié à des conditions et processus biologiques, biophysiques et biochimiques du sol, qui eux, sont responsables de l'accumulation et de la transformation des éléments nutritifs et de la formation structurale. Ils ont des effets sur le bilan de la chaleur et de l'air, la capacité hydraulique, l'équilibre entre les organismes et la population du sol et, finalement, sur la puissance défensive phytosanitaire du sol et sa capacité générale de décomposer des substances nuisibles. Ces caractéristiques, qualités et effets propres du sol sont déterminants pour le rôle de ce dernier en tant que habitat et de moyen et objet de travail de la production végétale et comme principal moyen de production en agriculture. Il sont en même temps d'importance capitale pour la grande puissance d'épuration du système sol et plante, une fonction qui à la suite de l'intensification accrue de la production et de l'industrialisation joue un rôle de plus en plus important pour la configuration et l'assainissement de la biosphère.

Les recherches sur l'eutrophisation possible des eaux souterraines et des eaux de surface par les engrais ont montré que les éléments nutritifs végétaux sous forme d'azote et de phosphore y prennent une place prépondérante. La mobilité des substances de N au sol au moment de la décomposition des engrais ayant une teneur en amide ou en ammonium augmente dans l'ordre suivant: ammonium-N < urée-N < nitrate-N. Les pertes de lavage se présentent presque exclusivement sous forme de nitrate. Les ions d'ammonium sont sorbés au maximum par le colloïde du sol. C'est pourquoi outre la fumure azotique appropriée par doses optimales au fur et à mesure des différentes espèces végétales, les formes de l'engrais N et le moment de l'application sont des critères importants pour éviter ou limiter les pertes de lavage. Pendant la période de 1968 à 1972, des recherches visant à étudier les problèmes de lavage d'azote et de l'extraction de l'azote par les plantes ont

été effectuées à l'aide d'urées marquées d'isotopes et non marquées dans des lysimètres de champ monolithiques sur 5 lieux à différentes formes de sol (1). Au cours des recherches sur 5 ans, des lavages annuels moyens entre 8.8 et 17.7 kg N/ha ont été enregistrés sur les lieux en question à l'exception du lieu de terre noire où le lavage n'avait atteint que 0.9 kg N/ha par an. Seulement 10.5 à 15 % de l'azote lavé revenaient à l'azote des engrais. La plus grande partie de la quantité lavé provient donc de l'azote du sol. Les recherches ont montré un lavage de 1.8 à 2.5 kg N/ha c.d.d. de 1.5 à 2.1 % de la quantité d'azote dosée pour ce qui concerne l'azote contenu dans les engrais.

Même dans des cas de production végétale intensifiée avec arrosage, aucun déplacement de N ou des déplacements insignifiants dans le sol ont été constaté comme conséquence d'un dosage fort d'azote après 6 ans d'application, (voir le tableau 1 ci-dessous).

Tableau 1

Teneur N_t (%) au sol avec des doses fortes d'azote et avec arrosage (d'après JAUERT et ANSORGE (2))

Fumure kg N/ha	Arrosage	Teneur moyenne		
		avant les essais	après 6 ans d'essais	
		0-20 cm	0-20 cm	20-40 cm
Terre noire				
0	sans	0.145	0.159	0.137
235	sans	0.145	0.158	0.133
347	sans	0.145	0.162	0.138
0	avec	0.145	0.152	0.137
235	avec	0.145	0.154	0.138
347	avec	0.145	0.155	0.136
Sable glaiseuse				
0	sans	0.075	0.076	0.041
235	sans	0.075	0.076	0.049
347	sans	0.075	0.082	0.048
0	avec	0.075	0.080	0.046
235	avec	0.075	0.078	0.042
347	avec	0.075	0.078	0.042

Les résultats des recherches sur plusieurs années effectuées par PFÄFF (3) montrent qu'aucune augmentation du lavage d'azote n'est intervenue à la suite de l'arrosage des champs malgré des dosages d'azote accrus jusqu'à l'ordre de 320 kg N/ha et qu'il y a même eu une diminution des quantités d'eau de drainage. L'accroissement du rendement a conduit à une plus grande consommation d'eau et d'azote.

Dans les conditions climatiques de la République Démocratique Allemande, les cas de perte d'azote par le lavage des sols cultivés éloignés de l'eau souterraine, pendant la période de végétation, sont rares.

L'effet de la fumure à l'aide d'engrais azotiques chimiques sur les processus d'eutrophisation résulte plutôt du fait que la production accrue de restes de végétaux récoltés et de racines provoque une augmentation du pourcentage d'azote organique au sol dont une partie - mobilisée sous forme de nitrate - est soumise au lavage pendant les pauses de végétation. Cette liaison entre les signes de grande fertilité du sol comme la teneur du sol en substance organique et en azote ainsi que de leur activité biologique au sol et les facteurs favorisant le lavage de N conduit au phénomène précité c.à.d. la plus grande partie de l'azote lavé provient des réserves du sol. Les travaux des savants soviétiques ANDREEV et MICHEEV (4), BOBRICKAJA (5), SMIRNOV (6) et autres ont largement contribué à l'éclaircissement des problèmes de ce genre.

Les experts de la République Démocratique Allemande ont tiré des conclusions utiles des découvertes scientifiques faites jusqu'à présent concernant les causes qui provoquent le lavage de N, ce qui se traduit par l'élaboration des recommandations de fumure annuelles établies à l'aide de l'ordinateur. C'est ainsi que de forts dosages de N sont distribués et repartis au fur et à mesure du stade de développement des plantes. Les précisions de la fumure à l'aide d'engrais azotiques chimiques au printemps, servant en particulier à établir les reports d'azote de l'année précédente, sont obtenues à la suite des études du sol opératoires. Pour déterminer la quantité optimale du second dosage de N des céréales, on se sert du procédé de l'analyse végétale. La fumure automnale des plantes sarclées par urées doit se borner aux sols

glaiseux et aux terres argileuses et ne devrait pas avoir lieu avant le début de novembre. A des températures d'en dessous de 10°C, la transformation de l'urée en forme d'ammonium se poursuit lentement et à des températures d'en dessous de 5°C on doit s'attendre à une nitrification très minime. Il en résulte que l'ammonium qui se forme en novembre n'est pas soumis à une transformation importante en nitrate. Les céréales d'hiver ne reçoivent aucun dosage de N en automne à l'exception de l'enfouissage des pailles en automne. Pour les cultures de colza d'hiver, un dosage de N d'environ 40 kg N/ha en automne n'est à prévoir qu'en cas de cultures de céréales préalables. Le colza d'hiver qui suit les cultures de plantes sarclées ou de légumineuses ne reçoit aucun dosage d'engrais azotique en automne. Le dosage des engrais azotiques au début du printemps ne doit se faire ni sur des sols très gelés ni sur la nappe de neige étant donné que cela risquerait de causer des pertes dues au lavage et d'eutrophiser les eaux surtout quand il s'agit de terrains pentants.

Les cultures dérobées sont d'une grande importance du fait qu'elles contribuent à éviter ou à réduire les lavages de N. Elles raccourcissent les pauses de végétation et augmentent les possibilités d'utiliser l'azote mobilisé en faveur des cultures végétales. Les avantages des cultures dérobées deviennent évidents si l'on considère que les lavages de N maxima ont été enregistrés sur les terres en jachère et que dans les prairies, les lavages de N sont de beaucoup plus réduits à cause de la végétation permanente.

Dans le domaine de la fumure phosphorique, les résultats de recherche obtenus s'affirment, c.à.d. les quantités de phosphore rentrant dans les eaux et qui proviennent des terres cultivées sont extrêmement réduites. Dans ce cas, l'usure localisée causée par le lavage ou par les écoulements de surface des précipitations atmosphériques pendant les pauses de végétation, passent au premier plan. Par des mesures agraires et d'amélioration telles que le dosage de phosphore avant le labourage des terres on cherche à y prévenir.

En ce qui concerne la fumure à l'aide des engrais organiques, des transformations remarquables se sont poursuivies en République Démocratique Allemande. A la suite de l'introduction de la production animale industrielle, les quantités de lisier disponibles ont

considérablement augmenté tandis que celles de fumier d'étable se trouvent en diminution. Pour la destination d'emploi du lisier on tient compte des possibilités d'utiliser les quantités considérables d'éléments nutritifs et de substances organiques que comportent ces engrais organiques liquides pour des buts de reproduction des terres. Pour ce qui concerne le stockage, le transport et l'épandage du lisier, les revendications des autorités responsables de la protection de l'environnement vis-à-vis les services de fumier d'étable ont gagné en rigueur. Une série de réglementations en vigueur visent à éliminer de manière efficace l'eutrophisation des eaux souterraines et des eaux de surface. Celles-ci sont en parfait accord avec les termes de la Constitution de la République Démocratique Allemande qui stipulent que tous les secteurs économiques, les entreprises et les citoyens sont tenus à respecter les règles de l'assainissement des eaux et de la protection de l'environnement. Le stockage du lisier doit avoir lieu obligatoirement dans des dépôts étanches à l'eau et le transport en direction des surfaces cultivables doit avoir lieu à l'aide de véhicules à lisier ou de conduites qui rendent impossible l'écoulement involontaire du lisier. Les organes de l'Etat, de l'agriculture et de l'économie des eaux ont élaboré des directives impératives en rapport avec la fumure des surfaces arables à l'aide du lisier, en tenant compte du genre de lisier, de la nature du sol et des cultures en question qui fixent les quantités optimales admissibles et les valeurs limites. Dans les régions de protection d'eau potable et les zones de crue ainsi que dans les centres de récréation, un système de réglementations spéciales règle les problèmes de la fumure par des engrais organiques et chimiques.

Le fait que le lisier doit être épandu également pendant les pauses de végétation en automne et en hiver, pose des problèmes particuliers étant donné l'impossibilité - pour des raisons économiques - de mettre à disposition des surfaces de stockage de n'importe quelle capacité. En vue d'établir les paramètres pour l'évaluation des dosages de lisier pendant les périodes annuelles, on a installé depuis 5 ans des lysimètres à dépression sur différents sols qui pour le cycle pommes de terre - seigle d'hiver - mais de silo et avoine reçoivent des dosages de 160 à 320 N/ha

seul ou en combinaison avec un enfouissage de pailles ou une fumure d'engrais verts de culture dérobée. Les quantités d'eau de drainage sont mesurées à 1 mètre de profondeur. Une première étude intermédiaire des résultats atteints a montré que les dosages de lisier de 160 à 320 kg N/ha à deux ans d'intervalle n'ont pas provoqué des lavages d'azote supérieurs ou additionnels significatifs par rapport à la fumure avec des engrais chimiques. Grâce au mesurage de l'eau de drainage à intervalles réguliers on a pu constater que le premier et le quatrième trimestre de l'année sont des périodes importantes pour le lavage de l'azote ou pour le déplacement de celui-ci dans les sols souterrains. Pendant les périodes de végétation au second et au troisième trimestre, les quantités d'eau de drainage avec une teneur en azote sont minimales et on les retrouve en particulier dans les cas où des végétations faibles et des précipitations fortes ont été enregistrées. Le tableau 2 ci-dessous donne un aperçu des résultats de recherche avec des dosages de lisier forts, appliqués aux sols sableux.

Tableau 2

Déplacement de N en kg N/ha par an avec un dosage fort de lisier en automne appliqué à un sol sableux d'après des mesurages en lysimètres de dépression (à 1 mètre de profondeur).

Année	Culture	sans Fumure	320 kg N/ha (lisier)	320 kg N/ha (lisier et enf.paille)	320 kg N/ha (lisier et fum. de cult. dé- robée)
1972	poté de terre	44	48	28	12
1973	seigle	20	23	18	30
1974	mais de silo	30	22	33	4
1975	avoine	20	62	48	27
		114 28.5	157 39.2	127 30.1	73 18.2

Par rapport à la variante sans fumure, l'application de lisier avec un dosage de 320 kg N/ha en moyenne pour le cycle a pro-

voqué une augmentation du lavage de N d'environ 11 kg N/ha par an. Lors de la combinaison lisier - enfouissage de paille, l'immobilisation de l'azote du lisier a entraîné une réduction évidente du lavage de N. La fumure à engrais verts des cultures dérobées avec le colza d'hiver a provoqué un lavage particulièrement fort pendant les mois d'automne et d'hiver. Cet effet est dû à un taux d'infiltration inférieur et à une plus grande extraction de N. Les résultats de recherche obtenus jusqu'à présent montrent qu'en cas d'application de lisier le lavage de N est dépendant du moment et de la quantité dosée, de l'inventaire végétal ainsi que de l'importance des précipitations, de la quantité d'eau de drainage et de la nature du sol. Les essais de lysimètre effectués en République Démocratique Allemande permettent de conclure en outre que les matières polluantes organiques et chimiques de l'eau sont éliminées du sol d'une manière efficace même sous des charges élevées. Ceci est également valable pour les bactéries coliformes présentes dans l'eau de drainage (7). L'activité de décomposition stimulée par le sol ou l'épuration naturelle biologique, en cas d'application du lisier et des eaux résiduaires pour des buts agricoles, a atteint des taux de plus de 90 % et les valeurs enregistrées sont situées autour de 100 %. Cette activité du sol, du sol fertile, biologiquement actif, en particulier, est difficile à atteindre avec un même effet, par le moyen des procédés artificiels et techniques.

Les critères optima établis en rapport avec la fumure à l'aide du lisier et d'autres engrais organiques ont été intégrés dans les estimations des recommandations de fumure afférentes établies par ordinateur.

Pour des terrains déterminés, il existe des restrictions de principe, indépendamment du genre des cultures. Sur les terrains par exemple dont la nappe d'eau souterraine est inférieure à 0.4 m on n'utilise pas de lisier. Pour les terrains avec des nappes d'eau souterraine entre 0.4 et 1.0 m la fumure organique et chimique ne doit pas dépasser 250 kg N/ha par an. En cas de sols plats avec des couches de dessous pierreuses dans les régions montagneuses, la quantité totale de fumure doit être limitée à 300 kg N/ha. Sur des terrains pentants voisins des eaux de surface, des

distances minima de 10 à 100 m en fonction de la physionomie du terrain et de la structure du sol sont à respecter pour la fumure à l'aide de lisier.

L'accroissement de la fertilité des sols et l'intensification de la production végétale ne permettent pas d'exclure totalement le lavage de N des sols, cependant, l'application des mesures de fumure et d'exploitation appropriées aidera à considérablement réduire le taux de lavage. La mise en pratique de telles mesures et leur adaptation à la situation locale concrète est une tâche qui s'impose à la fois à l'agriculture, à l'économie des eaux et à la protection de l'environnement.

Littérature

1. BEER, K.: Versuchsergebnisse des IDF Leipzig Potsdam. Leipzig (1976)
2. JAUERT, R. et ANSORGE, H.: Einfluß von hoher N-Düngung und Beregnung auf die Nährstoffbilanz und Nährstoffversorgung des Bodens. Arch. f. Acker- und Pflanzenbau u. Bodenkde. 20 (1976) 2, 99 - 108
3. PFAFF, C.: Das Verhalten des Stickstoffs im Boden nach langjährigen Lysimeterversuchen. Z. Acker- und Pflanzenbau 117 (1963) 1, 77 - 99.
4. ANDREEV, N. G. et NICHREV, V. A.: Die Wirkung der mineralischen Düngemittel und der Bewässerung auf die agrochemische Charakteristik des Bodens und die Ertragsfähigkeit der Aueweiden im Gebiet Tambow. Izvestija, timirjazevskoj sel'skoxozjaistvennoj akademii, Moskva (1975) 2, 92 - 97.
5. BOBRICKAJA, M. A.: Auswertung der Nährstoffelemente aus gepflügten Böden der Nichtschwarzerdezone der RSFSR. Agrochimija, Moskva (1975) 11, 142 - 153.
6. SMIRNOV, P. M. et a.: Die Immobilisierung des Stickstoffs im Boden bei Einbringung von 15 N markierten Düngern und Pflanzenresten. Doklady TSCHA, Moskva (1971) 62, 167 - 173.
7. KRÜGER, W. et HIRTE, W.: Wasserwirtschaftliche Aspekte der landwirtschaftlichen Gülleverwertung mit vorläufigen Belastungskennsiffern. Wasserwirtsch.-Wassertechnik 22 (1972), 201-204.

LE SYSTEME DE CONTROLE UNIFORME DE L'ECONOMIE DES EAUX DE LA
REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE ALLEMANDE

W. OTTO

Institut für Wasserwirtschaft, Berlin
République Démocratique Allemande

Résumé

Dans le présent article sont définis les principes de la structure d'un système uniforme de mesure de la quantité et de la qualité de l'eau, sont traités des problèmes économiques, des questions concernant la sélection des critères objet du mesurage, les méthodes de mesurage et leur représentation temporelle. La répartition des réseaux de mesurage est considérée à la fois sous un angle général et spécifique pour l'application dans les lacs et les barrages. Finalement, sont soulevés une série de problèmes par rapport au volume et à la technique de l'établissement des données primaires, à la saisie, la transmission et l'exploitation des données.

Introduction

Le bilan d'eau sur le territoire de la République Démocratique Allemande est extrêmement tendu; en même temps, le pays est fort industrialisé, très peuplé - en particulier dans les agglomérations urbaines - et dispose d'une agriculture intensifiée. Une telle situation exige la centralisation de l'exploitation des ressources en eau.

Pour être en mesure de satisfaire aux besoins actuels et futurs de la population en eau potable, de l'industrie en eau d'usage et de l'agriculture en eau d'irrigation artificielle, l'économie des eaux et au-delà, l'économie nationale, doivent posséder d'amples connaissances quant à la quantité et à la qualité des ressources en eaux de surface et souterraines, y compris les tendances de variation.

Pour la réalisation de ces objectifs on a planifié la mise au point en République Démocratique Allemande d'un réseau uniforme

de mesurage quantitatif et qualitatif des ressources en eau ainsi qu'une amélioration efficace du système de mesurage appliqué dans les processus de l'économie des eaux.

Principes structuraux du réseau de mesurage

Le réseau de mesurage en question aura pour but d'assurer la collection et la saisie, la transmission, la concrétisation et l'exploitation appropriées et systématiques de diverses données établies à des lieux et à des moments différents qui permettront de décrire les processus naturels ou techniques de l'économie des eaux sur lesquels il faudra influencer, de telle manière qu'en cas de possibilités habituelles d'installation, des interventions appropriées du point de vue quantitatif et qualitatifs au moment voulu puissent être effectuées.

Le réseau de mesurage même s'entend comme une mise au point technique concrète dont le fonctionnement est assuré par les appareillages et équipements de collection et de saisie, de transmission et d'exploitation des valeurs mesurées. Ces différentes fonctions étant automatisées entièrement, semi-automatisées ou manuelles. Le réseau de mesurage se compose d'un équipement de mesure automatique stationnaire et mobil ainsi que les laboratoires également stationnaires et mobiles.

La définition du volume de matériel et de personnel nécessaire pour la mise en marche du système de mesurage dans l'économie des eaux a été basée sur le questionnaire ci-après:

Quel est l'objectif du mesurage (problèmes économiques)?

Tout mesurage effectué doit être utile à l'information et au pilotage. Sinon, les dépenses causées pour l'économie nationale seront insoutenables.

Par le terme "pilotage" nous entendons en général les activités qui servent à influencer de façon dirigée sur les processus naturels et techniques dans l'économie des eaux qui peuvent se dérouler à court ou à moyen terme ou à long terme.

Leur palette va de l'intervention purement technique comme par exemple dans une installation d'épuration des eaux résiduaires ou de l'avertissement d'un utilisateur en cas de situation extrême

pour l'économie des eaux, à travers la réalisation de processus complets par exemple dans un bassin fluvial partiel (régime de combinaison de réservoirs) jusqu'à l'élaboration de fondements scientifiques pour la planification à long terme de mesurages dans le domaine de l'économie des eaux en rapport avec l'assainissement efficace des eaux par l'installation de stations d'épuration, de bassins-réservoirs permettant l'utilisation multiple des eaux dont l'économie nationale puisse profiter au maximum ainsi que de mesures d'un caractère général visant à la protection des ressources en eau, des eaux souterraines en particulier.

Quel est l'objet du mesurage (sélection de critères)?

Les critères objets du mesurage en rapport avec le lieu et le temps doivent permettre de remporter les informations nécessaires.

Leur sélection relève notamment

- des possibilités scientifico-techniques de la détermination
- du temps nécessité pour l'intervention
- du besoin d'ajuster l'état constaté par le mesurage.

Les réglementations sous forme des standards ci-après sont des éléments essentiels pour la sélection des critères:

- classification de la qualité d'eau des eaux oculantes rationnement de la qualité d'eau des lacs
- paramètres de qualité d'eau potable
- contrôle de la qualité d'eau.

Quelles sont les méthodes appliquées pour le mesurage?

Pour le mesurage on se servira de méthodes manuelles, semi-automatisées ou entièrement automatisées uniformes, permettant des comparaisons. De préférence, le parc des appareils utilisés sera standardisé. Le mesurage et la transmission, la concrétisation et l'exploitation des données exigent une qualification adéquate du personnel. Les méthodes de mesurage sont soumises à des transformations permanentes en vue de rationalisation et d'automatisation ainsi que de l'exclusion de sources d'erreur. L'élaboration de nouvelles méthodes de mesurage applicables à des matières n'ayant pas fait l'objet de recherches jusqu'à présent sera très indiquée.

Où seront situés les points de mesure (densité du réseau de mesurage)?

La densité du réseau de mesurage dépendra de la nature et de l'intensité des exigences de l'économie nationale vis-à-vis les ressources en eau. La coopération avec d'autres secteurs et institutions et l'interpénétration des réseaux qu'elle entraîne ne permettra qu'une réduction partielle du nombre de points propres de l'économie des eaux. La densité du réseau de mesurage en plus est fonction

- du degré d'utilisation de l'eau des bassins fluviaux
- des agglomérations urbaines, industrielles et agricoles
- de l'importance territoriale de l'eau comme future ressource pour l'alimentation en eau et pour la récréation
- de l'importance et de la technologie des installations de l'économie des eaux.

A quels intervalles seront effectués les mesurages (représentation temporelle)?

La fréquence des mesurages relève de la persistance des états. A l'heure actuelle sont effectués dans la plupart des cas, des contrôles au hasard temporels en nombre insuffisant. A l'aide de généralisations statistiques sont tirées des déductions sur le déroulement d'ensemble des événements, qui, cependant, manquent de tout fondement scientifique.

Il sera possible de remédier à cette situation par l'utilisation des

- automates de laboratoire pour le traitement de séries plus grandes d'échantillons
- stations de mesurage automatiques pour mesurer la qualité des eaux de surface
- indicateurs automatiques du niveau d'eau et des
- appareils de mesure automatiques dans les installations de l'économie des eaux.

Les agents prélevant des échantillons permanent appliqués dans les eaux de surface et dans les installations de l'économie des eaux en tant que moyens auxiliaires de laboratoire, servent dans de nombreux cas de remplaçants des appareils de mesurage continu, d'enregistrement et de transmission grâce à leur représentation temporelle suffisante. L'appréciation de la densité du réseau de mesurage et de la représentation temporelle optimale exigera des

investigations territoriales spécifiques (modèles de bassins fluviaux, modèles de pilotage des processus etc.).

Répartition des réseaux de mesurage

Le système de mesurage quantitatif et qualitatif de l'économie des eaux en République Démocratique Allemande est réparti en réseaux de base, réseaux de contrôle et de pilotage et réseaux spéciaux.

Le réseau de base

est le réseau élémentaire de l'économie des eaux, depuis longtemps et continuellement en service sur l'ensemble du territoire de la R.D.A. et servant à assurer un inventaire de données locales et temporelles suffisamment complètes pour satisfaire aux tâches énumérées ci-après, de préférence muni d'un maximum de critères (de caractère général et spécifique) essentiels pour les indications actuelles et futures. Les mesurages sont effectués soit auprès des eaux mêmes soit au laboratoire. La coordination minutieuse du réseau de qualité d'eau et du réseau de quantité d'eau correspondant permettra d'assurer la fourniture des indications sur la qualité d'eau en fonction de la quantité d'eau.

Les réseaux de contrôle et de pilotage sont des installations de mesure en service continu qui doivent fournir les données qui servent la résolution de problèmes de surveillance, de pronostic et de pilotage auprès des eaux dans la mesure où celles-ci ne puissent être obtenues à travers les points de mesure du réseau de base. Mesurages dans les installations de l'économie des eaux.

Les tâches consistent essentiellement à

- surveiller la prise d'eau ainsi que la décharge d'eaux usées en fonction de leur quantité et qualité (contrôle du respect des valeurs limite)
- fournir des données en vue des pronostics et des pilotages opératoires visant à l'avertissement des utilisateurs et des complexes rattachés en temps opportun en face de situations critiques y compris la mise en place de mesures de préservation
- effectuer des mesures d'exploitation pour le pilotage des processus et pour le respect des valeurs limites dans les installations d'alimentation en eau et les installations d'épuration des eaux usées.

Les réseaux spéciaux assurent

- des mesurages de durée limitée en cas de situations extrêmes et d'avarie visant à surveiller les processus se déroulant et leurs effets
- des mesurages de caractère expéditionnaire pour la saisie détaillée de certains états et processus dans les eaux et les installations
- des recherches détaillées de processus dans des régions d'essais, des lieux représentatifs et des endroits choisis
- la préparation et la réalisation de mesures particulières de l'économie des eaux, projets d'investissements etc. p. ex. pour l'étude et le calcul de champs de courant des eaux souterraines en régime naturel et influencé
- des mesurages spéciaux auprès des objets spécifiques de construction hydraulique et des installations de l'économie des eaux p. ex. pour la surveillance des barrages et des digues quant à leur sécurité de service et autres.

Des mesurages dans les retenues naturelles et artificielles

Les mesurages qualitatifs des retenues naturelles et artificielles seront à l'avenir basés sur la classification suivante:

Réseau élémentaire:

Disposition No. 1

Cycle d'essais d'un an ou de plusieurs années consécutives avec plus de cinq essais par an pendant la stagnation hivernale, les périodes de circulation et au moins au début et à la fin de la stagnation estivale. Des essais renouvelés au moins tous les trois ou quatre ans. Des prélèvements de profondeur en série avec une vingtaine de critères explicites. La sélection des critères étant effectuée à la base du standard "Rationnement de la qualité d'eau des lacs" et à l'égard de certaines exigences d'utilisation.

Dans les barrages d'eau potable au moins un prélèvement de profondeur en série est à effectuer par mois pendant la période où l'eau est débarrassée de glace.

Disposition No. 2

Cycle d'essais d'un an avec quatre à cinq essais par an pendant les périodes de stagnation (au moins à la fin de la stagnation estivale) et les périodes de pleine circulation. Des essais renouvelés au moins toutes les cinq à six années. Prélèvements de

profondeur en série avec une vingtaine de critères explicites.

Disposition No. 3

Cycle d'essais d'un an avec deux à quatre essais par an, toutefois au moins pendant la stagnation estivale, au début et à la fin. Des essais renouvelés au moins tous les huit ans. Des prélèvements de profondeur en série avec une vingtaine de critères explicites.

Le réseau de contrôle et de pilotage

Les analyses de qualité d'eau ont pour but de contrôler les aménages et les déversements et de surveiller le respect des valeurs limites. Le nombre des prélèvements est fonction de l'objectif prévu. Dans la plupart des cas, le nombre des critères étudiés est minime.

Les réseaux spéciaux:

Des réseaux de service temporel, utilisés en cas de situations extrêmes et d'avarie et qui sont variables au fur et à mesure des exigences à l'égard des endroits de prélèvement, de la succession temporelle des prélèvements et du nombre des critères à étudier.

D'une manière similaire est disposé le réseau de mesurage des eaux coulantes, des eaux souterraines et des installations de l'économie des eaux étant divisé également en réseau élémentaire, réseau de contrôle et de pilotage et réseaux spéciaux.

Etablissement des données primaires

Dans les cinq directions administratives de l'économie des eaux établis sur le territoire de la République Démocratique Allemande existent actuellement environ 9.000 points de mesure responsables du contrôle qualitatif des eaux de surface qui effectuent à peu près 800.000 analyses individuelles par an.

Le nombre des analyses individuelles passera en 1980 à 1,3 millions et en 1985 à plus de 2 millions. Cet accroissement numérique ira de pair avec une amélioration qui consiste à effectuer un grand nombre des études avec davantage de précision et de dépense de temps notamment des études de systèmes de saprophytes, de transformations bactériologiques, des analyses toxicologiques, analyses de produits phytosanitaires et autres.

Etant donné que le nombre du personnel s'occupant du prélèvement des échantillons, de l'analyse des échantillons et de l'exploitation des résultats obtenus n'augmentera que dans des proportions modestes, il y aura lieu de procéder à une augmentation de la productivité du travail des différents postes d'études en particulier par

- la centralisation de laboratoires et leur transformation en unités efficaces même avec le risque d'un transport plus long des échantillons;
- l'utilisation renforcée de laboratoires mobiles (wagons et bateaux mobiles);
- l'utilisation d'appareils automatiques à haut rendement pour la détermination de critères fréquents en cas d'études de routine;
- l'utilisation de stations de mesurage en vue de mesurage continu et enregistrement des paramètres de qualité d'eau établis automatiquement, à des points essentiels des eaux de surface et transmission des valeurs mesurées aux centrales des directions administratives de l'économie des eaux.

Saisie des données

Pour l'élaboration des méthodes de la saisie des données par ordinateur il faut tenir compte du fait que le nombre des symboles disponibles qui sont à traiter sera d'ordre de 150 millions jusqu'à 1980 et de 225 millions par an jusqu'à 1985.

L'ensemble des valeurs mesurées sont retenues sur des cartes appropriées prévues pour ce but. Pour les rivières et les lacs (ou les barrages) on a établi des preuves de saisie séparées en raison des critères spécifiques. A ce but on se sert d'un système numérique uniforme.

Transmission des données

Les valeurs mesurées enregistrées convenablement dans les cartes de saisie de données primaires sont transmises aux centrales par téléphone ou par télex, à travers des câbles existants ou nouvellement posés.

Exploitation des données

L'exploitation des données a lieu dans les centrales des directions de l'économie des eaux, à l'aide des installations du traitement électronique des données. De cette manière les services

compétents des directions administratifs de l'économie des eaux seront en mesure

- de diriger les processus de l'économie des eaux dans les bassins versants de la région de leur compétence;
- de prendre rapidement des décisions de direction correctes;
- d'exploiter les valeurs mesurées et de les utiliser pour leurs calculs de la ligne de développement futur;
- d'archiver les données primaires concrétisées et pourvues de commentaires verbaux correspondants de sorte que celles-ci soient rapidement et facilement accessibles.

En République Démocratique Allemande existe une centrale principale équipé d'un système de calculateurs approprié. Sa tâche consiste essentiellement à

- saisir les données concrétisées pourvues de commentaires, provenant des centrales, à l'aide de l'informatique électronique
- mettre à disposition pour des décisions centrales de l'économie des eaux de la République Démocratique Allemande, les informations nécessaires.

Un tel système de contrôle et de surveillance centralisé de l'économie des eaux est la condition préalable pour un service d'informations universelles et rapides et pour la planification à court, moyen et long terme. De cette manière, le secteur de l'économie des eaux fait un apport considérable à la résolution des tâches que le parti et le gouvernement ont imposé à l'économie nationale de la République Démocratique Allemande et qui prévoient entre autres la réalisation d'un vaste programme du logement (construction ou reconstruction de 850.000 appartements au cours d'une période de cinq ans) et l'approvisionnement permanent de la population, de l'industrie et de l'agriculture en eau. En même temps est réduit la dépense sociale nécessaire pour la construction et l'exploitation des installations de l'économie des eaux (p. ex. l'assainissement complexe de bassins versants entiers, la restauration des lacs, la construction de réservoirs, l'approvisionnement en eau à distance, le traitement des eaux résiduaires).

Grâce à ce système de contrôle et de surveillance des ressources en eau, il a été possible, de créer un nombre de conditions

favorables et d'éliminer certaines conditions défavorables pour l'activité sociale, en utilisant les avantages que nous offre la politique économique socialiste.

L'INFLUENCE DU TOURISME ET DU SECTEUR DES LOISIRS SUR L'EUTROPHI-
SATION DES EAUX. THESES GENERALES

E. PIECZYŃSKA

Department of Hydrobiology, Zoological Institute, University of
Warsaw

Pologne

Dans beaucoup de pays les lacs, barrages-réservoirs, fleuves et autres eaux subissent la forte influence du tourisme et des activités de récréation. Parmi les influences les plus diverses de l'homme sur les eaux, c'est le tourisme qui est la cause des perturbations les plus différenciées des eaux, même si elles ne sont peut-être pas des plus importantes. Les centres touristiques, les routes, les parkings, les embarcadères qu'on a installé près des eaux, la pêche et la natation, le ski nautique, la chasse, les canots automobiles et beaucoup d'autres choses influencent les systèmes écologiques de différentes manières.

Des changements de la composition chimique de l'eau causés par des eaux usées affluentes, la destruction mécanique de la végétation et des plages, des changements quant à la quantité et la qualité des substances allochtones dus à des perturbations dans les bassins versants ainsi que des effets directs sur de certaines populations animales causés par la pêche et la chasse mènent à des réactions complexes de la biocénose de l'eau et perturbent l'équilibre biocénotique.

Souvent, il y a aussi d'autres manières servant à l'homme de changer les eaux utilisées par les touristes. Aussi faut-il des recherches pour évaluer les effets combinés du secteur des loisirs et des autres formes de l'utilisation de la terre et de l'eau, entre lesquelles il y a des interactions synergiques qu'il est difficile de déterminer.

Jusqu'à présent, on n'a guère fait de recherches pour déterminer les effets des différentes activités de récréation sur les systèmes écologiques de l'eau.

Le plus souvent, lors de telles recherches, on part d'une forme bien choisie d'activité touristique. On ne connaît que peu d'analyses plus générales. Elles consistent par exemple dans des comparaisons entre des changements à long terme quant au nombre

des touristes, l'utilisation des eaux par des canots, etc. et les indices limnologiques de la pollution et de l'eutrophisation des eaux qui y sont liées.

Il semble que les problèmes pratiques et théoriques suivants qui concernent l'utilisation d'eaux douces dans un but de récréation en soient des points capitaux:

- détermination quantitative des effets des différentes activités touristiques et de récréation sur les eaux,
- régénération de systèmes écologiques perturbés,
- évaluation des possibilités pour de différents systèmes écologiques de compenser les effets des diverses formes d'utilisation des eaux dans un but de récréation,
- mise sur pied de modèles pour une utilisation appropriée des eaux pour le tourisme et la récréation.

L'utilisation par des touristes cause des perturbations avant tout dans les cas où le nombre des touristes est trop grand pour la capacité écologique d'un écosystème, où l'on a mal choisi la position des installations de récréation et où l'on utilise, en outre, ces installations d'une façon inadéquate. Le plus souvent, tous ces facteurs défavorables agissent en même temps. On a fait, avant tout, des recherches portant sur les effets négatifs du tourisme sur des eaux causés par les eaux usées affluentes et la destruction mécanique des plages et de la végétation. Quant à d'autres effets, on n'a guère effectué de recherches jusqu'à présent. Aussi est-il d'une importance primordiale de mettre sur pied des indices qui peuvent être utilisés pour une évaluation complexe des effets des différentes formes de l'utilisation d'eaux dans un but de récréation, pour reconnaître le mécanisme de certains effets et pour déterminer la synergie de substances polluantes.

Malgré la petite quantité de données disponibles, il est nécessaire de procéder à une synthèse provisoire qui permet d'évaluer les dommages actuels dans les écosystèmes.

L'utilisation des eaux par le tourisme, qui amène souvent des changements désavantageux de systèmes écologiques, est en même temps un motif pour les assainir. Il y a, par exemple, quelques décrets et exigences concernant le tourisme qui fixent la qua-

lité des eaux utilisées pour la baignade. Pour l'assainissement des écosystèmes aquatiques on se sert de différentes méthodes (détourner les eaux usées, aérer les eaux, enlever les plantes et les autres organismes, troubler les eaux de manière artificielle, etc.). Ces procédés peuvent aussi être utilisés pour l'assainissement d'eaux qui ont été perturbées par des activités de tourisme et de récréation. Néanmoins, la réaction spécifique d'écosystèmes déterminés demande une étude écologique profonde de chacune de ces eaux.

Une utilisation appropriée des écosystèmes devrait se caractériser par le fait que les conditions naturelles soient changées le moins que possible. Voilà pourquoi il est nécessaire de déterminer la capacité des écosystèmes à compenser l'utilisation des eaux par le tourisme et d'évaluer les capacités possibles pour les différentes formes de leur utilisation. Aujourd'hui on se sert des indices dans des cas particuliers, quand on planifie l'utilisation de terrains à de telles fins (p. ex. nombre de personnes admissible par ha de plage). Mais ces évaluations présentent un caractère assez formel, elles se font sans qu'on tienne compte des particularités des différents écosystèmes. Il est possible que, compte tenu de l'étendue de l'équilibre biocénétique, de la succession et de la réaction synergique avec d'autres facteurs, des écosystèmes déterminés réagissent à une même charge par le tourisme tout autrement que d'autres écosystèmes.

Afin de créer les bases écologiques en vue d'une meilleure exploitation des eaux douces pour la récréation, il faut que beaucoup de disciplines s'occupent des écosystèmes de l'eau et des bassins versants. C'est seulement une partie du tourisme qui a des effets immédiats sur l'environnement aquatique. Une grande partie de cette influence se montre dans des changements des environs des eaux. Beaucoup de spécialistes qui s'intéressent à ce problème discutent largement quelques exigences générales (des zones de protection montrant une végétation qui y a été plantée exprès, sur des terrains qui se trouvent près de l'eau, etc.). Ce qu'on connaît moins, ce sont les expertises écologiques détaillées pour des régions particulières. Il faut quand même souligner ici qu'on connaît dans le domaine écologique des méthodes dont on peut se servir lors de la planification de régions

de récréation. Nous citons comme exemple les méthodes phytosociologiques qui offrent la possibilité de fixer, sur la base d'investigations de l'habitat, de la végétation qui existe réellement et de la végétation naturelle qui serait possible, quels terrains dans les environs des eaux sont appropriés à une utilisation extensive par le tourisme, quels terrains ne doivent être touchés qu'une manière minime et sur quels terrains des activités touristiques sont tout à fait interdites.

Une grande partie des effets du "tourisme nautique direct" et de la "récréation directe au bord des eaux" concerne en premier lieu la zone riveraine - la partie la plus différenciée des eaux. Il ressort des études sur des rives de lacs que quelques parties de la rive sont capables d'utiliser une grande partie des influences anthropogènes en représentant pour le lac en même temps une barrière de protection, alors que d'autres parties, déjà lors d'une charge assez petite, subissent très vite des dommages. Cela dépend de la faible profondeur de l'eau près de la rive, de la violence de la houle et, avant tout, du caractère de la végétation (composition des espèces, cycle vital, conditions, etc.). Par conséquent, la position des centres de récréation, des maisons pour garer les canots, etc. peut être d'une importance fondamentale quant aux changements de la biocénose des eaux.

Grâce à de différentes organisations internationales (p. ex. le Bureau International pour l'étude des oiseaux aquatiques) ou dans le cadre de programmes scientifiques internationaux (p. ex. autrefois dans le cadre du Programme Biologique International (I.B.P.) et actuellement au sein du Programme M.A.B. de l'U.N.E.S.C.O. concernant l'homme et la biosphère) on étudie minutieusement les effets toujours plus grands du tourisme et de la récréation sur les systèmes écologiques de l'eau.

En Pologne, depuis quelques années, on constate un développement dynamique du tourisme. Voilà pourquoi il est très important de mettre sur pied les bases écologiques pour une gestion raisonnable de cette forme d'utilisation de l'écosystème. Actuellement quelques instituts qui s'occupent de l'écologie des eaux, étudient le tourisme et la récréation comme facteurs de charge des eaux par l'homme, et ces problèmes jouissent d'un traitement prioritaire.

Le comité national polonais pour le Programme M.A.B. étudie, au niveau national et international, les effets du tourisme et de la récréation sur les eaux de surface. Une première étape du travail a compris une évaluation des résultats d'un questionnaire (élaboré par la section d'hydrobiologie de l'Université de Varsovie), qu'on avait envoyé à quelques certaines d'institutions en Pologne et à l'étranger. Par cette voie on a recueilli des informations sur la forme et le degré de la charge des écosystèmes de l'eau par le tourisme et sur l'état actuel des recherches écologiques dans ce domaine. On va présenter cette analyse pendant le symposium.

Dans le cadre de ses recherches dans la région des lacs de la Masovie (Pologne du nord) la section d'hydrobiologie de l'Université de Varsovie étudie aussi les effets du tourisme et de la récréation sur les écosystèmes des lacs. Les lacs de la Masovie subissent une forte charge occasionnée par des touristes, et l'accroissement de l'eutrophisation et de la pollution de ces lacs qu'on peut constater ces dernières années s'explique à un haut degré par l'utilisation touristique de cette région.

L'affluence d'eaux usées et de déchets augmente; les plages et les rives subissent des dommages mécaniques; le grand nombre de canots automobiles est la cause de la houle et de la pollution de l'eau par l'huile. Pour plus de 50 % des lacs de cette région il y a des changements sensibles à cause du tourisme.

Les changements les plus frappants qu'on peut mesurer quantitativement sont les suivants:

- des changements locaux aux environs des grands centres de récréation,
- des changements intenses dans les lacs pendant la période la plus importante de la saison touristique (juillet/aout).

Une étude intensive de la zone riveraine dans le voisinage direct des centres touristiques montre des changements visibles. Les plantes et les populations animales ont été affectées. Il y a des changements nets quant à la composition chimique de l'eau et un changement des sédiments. Dans les régions polluées il y a, en général, deux zones riveraines. La zone directement affectée par l'eau usée (zone saprotrophique) est caractérisée par

la domination de processus de décomposition et par une biocénose fort réduite. La deuxième zone, qui se trouve tout près de la première, est fertilisée par une eau usée diluée. Il s'agit là d'une zone polytrophe où la production biologique est importante et où l'on trouve des organismes végétaux et animaux en abondance.

Etant données les conditions climatiques, la grande influence du tourisme sur les eaux est limitée à la saison d'été. Voilà pourquoi l'accent est mis sur la possibilité de la régénération naturelle des écosystèmes après cette charge forte, mais courte. Notre section a effectué de différents essais pratiques pour connaître l'intensité et la vitesse des changements de la biocénose sous l'influence des différentes conditions d'environnement. Les expériences avaient pour objectif fondamental de transférer de différentes populations (périphyton, plancton, macrophytes) des zones riveraines polluées dans les zones non polluées et inversement. Il ressort des résultats que la détérioration de la biocénose se produit beaucoup plus vite que sa régénération. Quelques changements sont irréversibles. Pour cette raison il est bien nécessaire de prendre des précautions particulières lors de la planification de l'utilisation future des eaux par le tourisme.

EUTROPHISATION DANS LES LACS ARTIFICIELS D'ESPAGNE

J. RUIZ DE LA TORRE, J. L. O. CASAS et J. A. GARCIA
Dirección General de Obras Hidráulicas et Centro de Estudios
Hidrográficos, Ministerio de Obras Públicas, Madrid
Espagne

Résumé

On a constaté pour à peu près 27 % des 296 réservoirs espagnols considérés qu'ils sont eutrophiques et pour environ 11 % qu'ils sont méso-eutrophiques. Dans les régions du centre et du nord-est on trouve dans tous les grands bassins versants le pourcentage le plus haut de réservoirs eutrophiques, à savoir jusqu'à 50 % dans les Pyrénées orientales et jusqu'à 60 % dans la vallée du Tage. Les causes pour l'eutrophisation sont en Espagne vraisemblablement la concentration de villes situées en amont des fleuves, un élevage extensif du grand bétail dans les bassins versants, une décomposition de la végétation submersive naturelle dans les réservoirs et l'alimentation partant de lacs eutrophiques situés en amont des fleuves en liaison avec un long temps de séjour et un été chaud et sec. On suppose que toutes ces sources alimentaires vont jouer un rôle toujours plus grand à l'avenir, à côté du fumier et de la décomposition de la végétation.

Introduction

Endiguer les eaux naturellement courantes, c'est la réponse logique aux réalités avec lesquelles on a été confronté en Espagne depuis toujours à cause des conditions générales. En effet, les précipitations montrent de grandes différences quant à leur distribution spatio-temporelle, si bien qu'on parle en général d'une grande partie du pays comme de "l'Espagne sèche". D'autre part, l'élévation moyenne sur le niveau de la mer se montant jusqu'à 700 m, le paysage est relativement rude. Prenant en considération ces deux facteurs, on comprendra facilement pourquoi il existe à peu près 700 réservoirs distribués dans tout le pays, si bien que le pays fait partie de ceux avec le plus grand nombre de barrages. A cause de cela il s'est posé toute une série d'objectifs pour l'exploitation des ressources en eau: développement

de hydro-centrales, protection contre des inondations, irrigation pour l'agriculture, alimentation en eau des villes et des foyers, activités de récréation et alimentation en eau de l'industrie.

Les efforts croissants dans le monde entier pour assurer la qualité de l'eau ainsi que la grande importance nationale des ressources en eau endiguées dans nos lacs artificiels ont amené la direction générale des usines d'eau du Ministère de Travaux publics à commencer quelques projets de surveillance, y compris une investigation de l'eutrophisation d'eaux continentales.

Deux programmes limnologiques nationaux ont été réalisés pendant ces dernières trois années. L'un d'eux a déjà été terminé par l'université de Barcelone, département d'écologie, tandis que l'autre sera terminé en 1977 par le centre pour des recherches hydrographiques. Avec le premier programme on a étudié environ 100 réservoirs, tandis que le deuxième en comprend presque 300. Cet article se rapporte au deuxième.

D'autres projets, réalisés aussi par le centre des recherches hydrographiques s'occupent de l'investigation des tendances d'eutrophisation dans trois barrages-réservoirs choisis et de l'évaluation de la relation entre le degré trophique et les sources de substances alimentaires dans les bassins versants.

Un aperçu limnologique sur les réservoirs

Le but de la première partie du projet était de fournir des informations sur les conditions actuelles de la qualité d'eau dans des réservoirs en prenant en considération des facteurs qui déterminent la productivité biologique et il fallait examiner les causes pour la détérioration de qualité dans des eaux eutrophiques.

Dans la deuxième partie il était possible d'évaluer la tendance de la qualité d'eau dans les réservoirs étudiés avant et de constater l'influence des causes diverses pour la détérioration. Dans quelques cas il sera possible de proposer des mesures pour la protection et le rétablissement.

Le programme consistait dans le mesurage d'un petit nombre de paramètres dans tous les réservoirs. Le choix des paramètres et des méthodes pour leur détermination a été fait selon les

directives qui ont été publiées par le groupe de section de l'économie de l'eau de la direction générale pour l'environnement, OECD (Organisation pour coopération économique et développement).

Dans tous les réservoirs compris dans le programme, les paramètres suivants ont été mesurés:

physiques: transparence (disque de Secchi), couleur, température, conductivité.

chimiques: oxygène dissous, demande chimique en oxygène, valeur du pH, phosphore total, azote organique total, ammoniac, nitrite, nitrate.

biologiques: détermination des espèces de plancton, et comptage de cellules. Des informations de fond sur la population de necton.

Sur la base de ces paramètres on a procédé à une classification quant aux conditions trophiques dans les eaux. On a distingué cinq groupes qui se basaient surtout sur la concentration de phosphore, la concentration d'azote, le profil d'oxygène dissous, la demande chimique en oxygène, la biomasse et la composition globale des biocénoses. Bien qu'on n'ait pas respecté une classification particulière, on a tenu compte, dans le fond, des secteurs proposés par THOMAS et cités par VOLLENWEIDER (1968). En général, on a regardé comme limite entre méso-eutrophique et eutrophique 20 mg/m³ de phosphore total et 300 mg/m³ d'azote anorganique. Parfois on a fait des exceptions, quand d'autres paramètres l'ont suggéré.

La table 1 montre la répartition numérique de tous les barrages-réservoirs examinés sur les cinq catégories selon la classification mentionnée ci-dessus et les régions hydrographiques principales différentes. Comme on peut constater dans la table, la plupart des barrages-réservoirs qui font partie des bassins versants par le golfe des Gascogne sont oligotrophiques, malgré la haute densité de population humaine et l'élevage extensif de grand bétail. Il y a plusieurs causes pour cela, à savoir le climat humide, des superficies larges couvertes par des forêts, des laiteries dispersés et une population humaine dispersée.

Les cas rares de réservoirs eutrophiques dans cette région

sont conditionnés ou par les eaux usées domestiques de quelques grandes villes (p. ex. Oviedo, comme source principale dans le réservoir de Priedes) ou par l'engraisement agricole (p. ex. région agricole de Limia qui est cause de l'eutrophisation dans le réservoir de Las Salas).

Au plateau central on a constaté qu'à peu près la moitié des réservoirs était eutrophique. Les sources principales de substances alimentaires sont les eaux usées domestiques et les eaux usées de l'élevage du bétail. Les lacs oligotrophiques se trouvent tous dans la zone supérieure des bassins versants, où, en général, la végétation est assez dense et le climat est froid. La grande ville de Madrid est d'une importance particulière, elle décharge dans le Tage une quantité considérable d'eaux usées municipales qui sont partiellement traitées. 60 % des réservoirs examinés du Tage étaient eutrophiques.

Au sud de l'Espagne, il y avait environ un tiers de réservoirs eutrophiques, les sources principales de substances alimentaires étant des eaux usées domestiques et des pâturages. Il y a toute une série de réservoirs nouveaux où c'est la décomposition de la végétation submergée qui est la cause pour la détérioration actuelle de la qualité d'eau (p. ex. Guadarranque, Guadateba, La Concepción, Guadalhorca, etc.).

Dans le bassin d'est (Segura, Júcar) l'eutrophisation est conditionnée surtout par l'engraisement agricole. C'est environ un tiers des réservoirs qu'il faut considérer comme eutrophique. Il faut mettre l'accent sur le fait que la plupart des lacs artificiels dans cette région est située dans les zones les plus hautes, entourée par des forêts et exposée à un temps assez froid.

Enfin, dans la vallée de l'Ebre et dans la région de nord-est du pays, il y a 25 % des réservoirs qui sont eutrophiques ou méso-eutrophiques. Mis à part les eaux usées municipales, les sources de substances alimentaires les plus importantes sont souvent des eaux usées de l'industrie, comme p. ex. de papeteries et d'usines de l'industrie de produits alimentaires.

Partant de ce contrôle on peut tirer la conclusion que parmi les 296 réservoirs examinés il y a 79 qui se trouvent dans un état eutrophique et 32 dans un état méso-eutrophique. Les régions hydrographiques qui comptent le plus grand nombre de réservoirs eutrophiques sont le Tage avec 60 % et les Pyrénées

Orientales avec 50 %. Les bassins versants qui montrent les meilleures conditions sont l'Espagne de nord et l'Ebre, à savoir, ce sont 40 % resp. 12 % des réservoirs qui sont eutrophiés. Ces valeurs basses s'expliquent par le fait qu'une grande partie de ces lacs artificiels dans ces deux régions sont de petits réservoirs qui sont situés dans de grandes hauteurs et entourés de forêts.

Comme raisons principales pour l'eutrophisation croissante des réservoirs espagnols il faut nommer des villes situées en amont des lacs respectifs, beaucoup d'élevage de bétail et de pâturages dans les bassins versants et le commencement récent de l'accumulation de l'eau. Ces facteurs sont encore favorisés par des temps longs de séjour dans le réservoir et par des étés longs et secs. On peut bien supposer que les sources des substances alimentaires qui sont amenées par les eaux usées municipales s'agrandiront, tandis que l'élevage du bétail restera constant ou va se réduire un peu. Il faut diminuer les conséquences qui résultent des eaux usées domestiques et industrielles par l'application d'un traitement d'eau extensif.

Littérature

- AVILES, J., GONZALEZ, M. E., PEÑA, R.: Reconocimiento limnológico de las cuencas del Norte, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Sur, Segura, Júcar, Ebro, Pirineo Oriental. Dirección General de Obras Hidráulicas, Centro de Estudios Hidrográficos, Madrid 1973, 1974
- MARGALEF, R. et al.: Plankton production and Waterquality in Spanish reservoirs. First Report on a Research Project. XI Congress, 11-15 June 1973, Madrid, International Commission on Large Dams
- RUIZ DE LA TORRE, J., AVILES, J.: La eutrofización de los embalses españoles. 1^a Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, 16-19 Dec. 1974, Madrid, M^o de Planificación del Desarrollo. 1155-1159
- VOLLENWEIDER, R. A.: Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to phosphorus and nitrogen as factors in eutrophication. OECD Technical Report DAS/CSI/68.27

Table 1: Classification des barrages-réservoirs d'après l'état trophique évalué

Région hydro- graphique	nombre total de barr.- réserv.	nombre de barr.- réserv. exami- nés (n)	oligotro- phique nom- % de barr. n	oligomésotro- phique nom- % de barr. n	mésotro- phique nom- % de barr. n	mésotro- phique nom- % de barr. n	eutrophique nom- % de barr. n	eutrophique nom- % de barr. n				
Norte	89	49	33	67,4	8	16,3	5	10,2	1	2,0	2	4,1
Duero	44	31	12	38,7	5	16,1	3	9,7	1	3,2	10	32,3
Tage	108	48	3	6,3	4	8,3	12	25,0	0	0,0	29	60,4
Guadiana	48	17	3	17,7	1	5,8	4	23,5	3	17,7	6	35,3
Guadalq-Sur	69	42	2	4,8	7	16,7	11	26,2	8	19,0	14	33,3
Segura	15	11	5	45,4	2	18,2	2	18,2	0	0,0	2	18,2
Júcar	38	23	5	21,7	4	17,4	3	13,1	7	30,4	4	17,4
Ebre	125	67	17	25,4	15	22,4	16	23,9	11	16,4	8	11,9
P. Oriental	8	8	0	0,0	2	25,0	1	12,5	1	12,5	4	50,0
Total	444	296	80	27,0	48	16,2	57	19,3	32	10,8	79	26,7

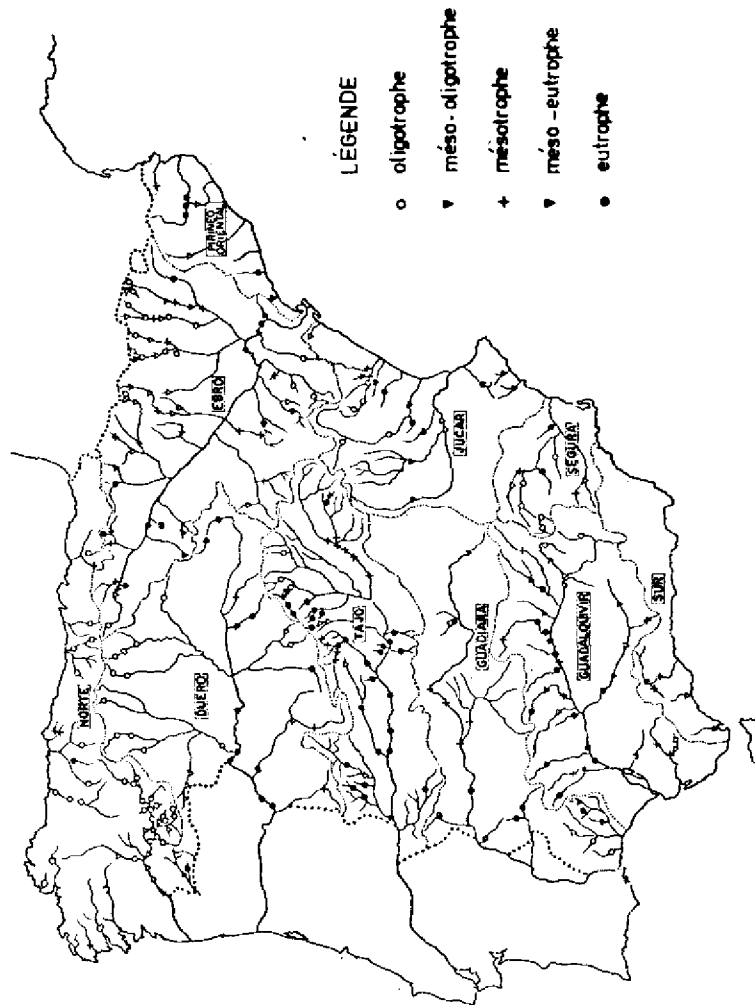


fig.1 - distribution géographique des réserves ayant comprise dans l'acquète.

RAPPORTS ENTRE LE BALATON ET SON BASSIN VERSANT

I. SZABÓ

Országos Vízügyi Hivatal, Budapest
Hongrie

Généralités

Le Balaton est le plus grand lac de la Hongrie. Le processus d'échange d'eau ne se fait que très lentement. Il sert, en premier lieu, à des fins de récréation et de sports nautiques. Sous l'aspect de la qualité d'eau, les plus importantes sources de danger qui menacent le lac, sont: le grand volume, la lenteur relative de la circulation d'eau, la montée en flèche du tourisme d'été et l'exploitation d'un bassin versant qui devait servir également comme d'autres régions comparables. Le lac ne saurait faire face à ces demandes et conditions que si l'on prendra des mesures de protection quant à la qualité de l'eau. Sous l'angle de l'utilisation du lac comme lieu de tourisme récréatif, la tâche essentielle est le freinage de l'eutrophisation. Il faudra donc considérer le processus d'envasement tout comme les autres dangers ou influences menaçantes. Pour réaliser ce but, on y fera intervenir la quasi-totalité, au moins la grande majorité des disciplines scientifiques. Si l'analyse pollinique a été d'une aide précieuse dans la consolidation de mesures prises contre la paludification, on est autorisé à estimer que d'autres branches de la chimie et la biologie, p. ex. l'emploi des isotopes, la théorie des systèmes, l'informatique moderne, pourront contribuer à rendre comparables les influences des pollutions et leurs suites qui ne sont pas encore homogènes aujourd'hui. Sur la base des conclusions à tirer, on pourra concevoir et planifier les tendances et les méthodes principales des mesures à prendre. Dès aujourd'hui cependant, toutes les autorités centrales et locales, les entreprises, les usines, les chercheurs (chacun dans son domaine) doivent tout mettre en oeuvre pour protéger le Balaton, les stations estivales qui l'entourent, et son bassin versant afin que ses beautés magni-

fiques continuent à charmer les générations à venir. Ces tâches pourront être résolues par une propagande adéquate et des activités individuelles et coordonnées à un niveau supérieur.

Formulation des objectifs

La préparation des plans de développement est toujours une tâche assez compliquée dont la solution, sans aucun doute, exige des connaissances concernant les situations antérieure et actuelle ainsi qu'une appréciation des changements supposables. Le rôle de l'environnement dans l'étude et même la conception de l'environnement sont des notions de plus en plus fréquentes. On pourra également s'interroger s'il est nécessaire d'élaborer les plans à partir du point de vue écologique, c'est-à-dire sous l'aspect de l'environnement, ou bien qu'il faudra s'orienter vers la création d'un environnement nouveau à partir des changements intervenant dans les relations naturelles. Il s'agit donc de savoir si nous nous attachons à la protection de l'environnement ou au développement de celui-ci? (1) Il n'existe pourtant pas de différence essentielle entre ces deux conceptions.

Le Balaton qui est le plus grand lac de la Hongrie, mérite toute notre attention, vu son importance particulière pour le tourisme récréatif. Pour développer la région touristique du lac, on a mis au point, au début des années 60, le premier plan régional du Balaton (2) qui, à partir des réalités propres aux localités riveraines, fixait les mesures de développement qui étaient conformes aux nécessités du tourisme. Le programme central de développement du Balaton, achevé en 1969 et qui réduisait quelque peu la superficie envisagée au début, déterminait les tendances de développement les plus importantes pour les 40 localités riveraines du lac (fig. 1) pour la période du IV^e quinquennat. (3) Dès ce moment, il apparaissait que le développement de cette région nécessitait une étude approfondie du lac et de ses environnements proche et plus éloigné (bassin versant, territoires voisins). A cette fin, on préparait, approuvait et réalisait le programme central de l'économie des eaux du Balaton (4). De nombreuses opérations de mesure, études, examens, plans partiels précédaient la préparation du plan global de

développement du bassin versant. C'est un plan régionalisé qui, toutefois, appelle certains compléments et précisions.

Le Balaton passe pour être un système unique, fermé. Pourtant, ses rapports à l'environnement au sens plus large du mot démontrent qu'il fait partie d'un système second, plus vaste. Il s'ensuit que, pour l'étude polyvalente et approfondie du lac, il ne suffit pas d'analyser les processus qui s'opèrent au lac où ils sont interdépendants. Il est nécessaire d'étudier le caractère et l'évolution des interactions intervenant entre le lac et son bassin versant. Il est nécessaire de dégager les facteurs d'influence et de mettre au point, à partir des impératifs découlant de la future utilisation du lac, un plan centralisateur pour le développement du bassin versant; ensuite, ce plan serait à préciser. (5) Le but définitif sera la mise au point d'un plan qui permettra d'opérer certaines modifications, mais qui assurera la "survie" de l'environnement. (6)

Le gouvernement de la République Populaire Hongroise a décidé: "Le premier but de développement de l'environnement du Balaton est la satisfaction des besoins sociaux concernant le tourisme récréatif." Cet article se propose d'interpréter, sur la base d'une analyse des interactions entre le lac et son bassin versant, sur la base des changements qui en résultent, les tâches dont la solution permettra, en dépit des risques croissants, d'assurer pour longtemps la possibilité d'aller se baigner au lac et de prendre des vacances récréatives aux rivages de celui-ci.

2. L'importance et les indices principaux du lac

Depuis longtemps déjà, les lacs, les fleuves et rivières ont offert des conditions favorables à l'implantation de localités, aux transports, à la prise d'eau, etc. De nos jours, l'amplification du tourisme et des sports nautiques n'a fait qu'accroître leur importance. 0,3 pour cent des réserves mondiales d'eau douce se trouvent dans les lacs naturels (eaux stagnantes) ayant une contenance de 125.000 km³ (le volume des eaux artificielles, non-courantes, est de l'ordre d'environ 5.000 km³). La capacité du lac Baïkal s'élève à 23.600 km³, c'est-à-dire elle est aussi grande que celle de tous les grands lacs

américains réunis. La capacité du Balaton s'élève à 1.800 km³. L'indice le plus significatif des lacs n'est cependant pas la capacité mais la réserve d'eau exploitable, la qualité d'eau; indices qui, souvent, dépendent des données (qualités) naturelles du bassin versant. A titre d'information sont indiqués, au tableau 1, les indices de certains lacs.

Tableau 1

Lac	Profondeur moy. (m)	Superficie (km ²)	Rivage long. (km)	Capac. (mill. m ³)	Bassin versant (km ²)	Proport. Superf. bassin/lac
Léman	150	582	167	89.000	8.000	13,7
Balaton	3	596	197	1.800	5.180	8,7
Pertó	0,8	280	100	250	1.019	3,6
Velence	1,30	25	26	31	615	23,7

La superficie de 600 km² met le Balaton au premier rang des lacs de peu de profondeur en Hongrie et en Europe centrale. Il est organiquement lié à son bassin versant s'étendant sur 5.200 km². Sa situation géographique favorable, sa grande capacité, l'eau peu profonde qui s'échauffe rapidement, et d'autres facteurs sont autant de sources de dangers. Dans ce lac, tous les phénomènes qui, directement ou indirectement, exercent des influences sur lui, se manifestent; la composition primitive de l'eau du Balaton et le processus de l'échange jouent un rôle aussi.

3. L'échange de l'eau et les influences auxquelles le Balaton est soumis

L'analyse de l'eau du lac, concernant l'origine et l'échange, a été effectuée par SZESZTAY (7, 8) et BARANY (9). Les mesurages accomplis par BARANY, nous ont appris les faits suivants:
 - Les indices à long terme caractérisant la composition des réserves d'eau en fonction de leur origine, changent sur la longueur du lac. Les réserves d'eau provenant d'autres sources, atteignent le taux le plus élevé dans la région de Keszthely

avec 90 pour-cent environ et le taux le plus bas dans la région de Siófok avec environ 50 pour-cent. Les relations entre les réserves d'eau provenant de précipitations, sont en raison inversee.

- Dans la région de Kaszthela, la durée moyenne de l'échange de l'eau se situe autour de 15 mois; dans la région de Scigliget-Ponyód 4 ans; dans la région de Balatonakali-Szemes 6 ans et dans la région de Siófok 9 ans.

- La durée moyenne de l'échange dans la région de Siófok correspond même temps à la période intégrale pour l'échange complet de l'eau du Balaton.

- Le premier pas à faire sur le chemin de développer l'économie des eaux du lac, c'est la prise en considération des facteurs qui influent sur le lac, ses réserves d'eau et la qualité de celle-ci. La régulation du niveau d'eau, la limitation du bassin versant et la restriction des autorisations ont eu pour résultat que, selon toutes les probabilités, les réserves d'eau du Balaton n'appelleront pas de remplissage avant plusieurs décennies. (10) Les sources disponibles, pour le remplissage sont défavorables sous l'angle qualitatif; aussi sont-elles peu appropriées à cette opération, ni à l'amélioration de la qualité d'eau. Les derniers résultats tirés des analyses achevées à l'Institut de l'Economie des Eaux, ont fait apparaître une nouvelle augmentation du taux d'eutrophisation en 1975. La prolifération des algues et la multiplication explosive des bactéries se sont étendues déjà au bassin nord-est du lac. La teneur en phosphate des combinaisons organiques dans les substances en suspension s'est accrue dans toutes les parties du lac (11). Le danger ne cesse de s'aggraver. L'enregistrement, l'appréciation et le regroupement des influences nuisibles ainsi que la mise au point d'une réduction de celles-ci devenaient une tâche urgente. La solution en est parfaitement possible. Nous indiquons, à titre d'exemple, les recherches sur la formation de couches de vase (12), à l'issue desquelles on élaborait les mesures prises vers la fin des années 60. Les influences qui agissent sur la qualité de l'eau, nous les répartissons dans trois catégories: influences directes sur le lac; influences des rivages; influences du bassin versant.

4.1. Le développement des influences directes

La source des influences directes est l'air (atmosphère); elles agissent sur l'eau et la surface d'eau et, de ce fait, sur la qualité de celle-ci.

- Les composantes de la pollution atmosphériques, sont acheminées par la poussière et la pluie dans l'eau. L'atmosphère aux environs du Balaton est déjà dangereusement polluée. (13) La teneur en phosphore des précipitations oscille entre 0,3 mg/l et 130 mg/l (14). Son influence est sensible à des degrés différents pendant toute l'année.

- La figure 2 présente l'évolution du nombre de baigneurs fréquentant le Balaton. Les chiffres traduisent toutefois des valeurs moyennes, le nombre de baigneurs étant le plus élevé vers les fins de semaine, quoique, c'est l'évidence même, tous ne se trouvent pas dans l'eau en même temps. La charge qui en résulte entraîne, dans les trois mois de saison vacancière, la pollution directe de l'eau par les produits détergents, l'huile, etc. L'effet global se laisse estimer seulement (en 1975, le nombre de nuitées enregistrées dans les hôtels et autres établissements non-privés, s'élevait à 5 millions; dans la saison en cours, il doublera, ou presque).

- Le nombre des canots à moteur circulant sur le Balaton (hongrois et étrangers) approche du mille (15). La pollution due aux courses et aux combustibles, exerce des influences nuisibles, quoique plus faibles, sur la qualité de l'eau pendant la saison estivale. Si l'interdiction des activités motonautiques était prononcée pour un bref laps de temps, cette source de dangers serait éliminée.

- Le nombre de places sur les bateaux de plaisance s'élève actuellement à 2,5 millions par an. Trois compagnies ont enregistré 1,5 millions de touristes sur le Balaton; les plans en prévoient un nombre croissant. Les réservoirs collecteurs faisant défaut, tous les polluants s'écoulant des lavabos et des toilettes des bateaux, salissent l'eau. Cette source de dangers peut être éliminée par l'installation de réservoirs collecteurs et l'évacuation contrôlée des matières.

- Les cargos, barges et chalands circulent, tant que le lac n'a pas complètement gelé, pendant toute l'année sur le Balaton. Ici, la nature et les méthodes de pollution ainsi que leur élimination sont les mêmes que les précédentes. Suite à l'intensification de la circulation, il est recommandable d'y installer également des réservoirs collecteurs.

- La superficie envahie par les roseaux, ne cesse de s'étendre. Actuellement, elle s'élève à 18 hectares, soit 3 pour-cent de la surface totale du lac. Les roseaux ne sont récoltés qu'en partie ou pas du tout. Plusieurs tonnes de substances organiques, sous forme de roseaux séchés, tombent à l'eau. L'aire couverte d'une dense végétation aquatique, s'étend également. La récolte et l'évacuation sont encore au stade expérimental. La récolte des roseaux et l'enlèvement des plantes aquatiques réduiront cette source de dangers.

- Il existe encore la pollution de caractère et d'origine aléatoires; elle prendra du volume encore (combustibles des bateaux, marchandises transportées, etc.). On pourra la réduire en prenant des mesures de réglementation et de contrôle plus sévères.

La totalité des influences polluantes directes est alors en cours d'expansion; un fait dont il faudra tenir compte en équilibrant les charges du Balaton (voir tabl. 1 et 2).

4.2. Le développement des influences directes du rivage

Les influences défavorables du rivage sont: la montée démographique; les eaux résiduaires, clarifiées ou non; les pollutions d'origine industrielle; les pollutions permanentes et aléatoires d'origine urbaine (agglomérations).

- Influence de l'évolution démographique. Par rivage du Balaton, nous entendons la zone des stations balnéaires qui comprend les 40 localités (v. fig. 1) comptant, en 1975, 120.000 habitants. Pendant la saison estivale, ce chiffre quadruple aux fins de semaine; dans les périodes de pointe, il quintuple même si l'on fait entrer en ligne de compte les vacanciers et les excursionnistes. La figure 2 expose l'évolution démographique dans la ceinture balnéaire jusqu'à ce jour et dans l'a-

venir (l'évolution future entrera en ligne de compte dans la préparation des plans). Si l'on y ajoute le nombre des propriétaires de jardins, la population totale pourra s'élever, les fins de semaine de l'an 2000, à un million de personnes pendant la saison estivale (le quintuple de la population fixe). Ce chiffre, évidemment, est largement supérieur à la capacité établie (600.000 personnes). Dans l'intérêt d'une diminution des dangers, il semble souhaitable de limiter les affluences.

- Influence de l'évacuation et de l'épuration des eaux résiduaires. Actuellement, 23.500 m³ par jour sont disponibles dans la ceinture balnéaire; 30 pour-cent des eaux résiduaires sont clarifiées, en partie ou complètement; puis, elles passent au Balaton, directement ou indirectement. Le 3^e degré d'épuration des eaux usées n'a été introduit que récemment, pour protéger le lac. Pendant la saison vacancière, des problèmes difficiles et de grands dangers surgissent. D'ici 2000, on prévoit l'épuration complète (90 %) des eaux usées (16); on envisage même d'évacuer les eaux ainsi clarifiées pour donner une tendance favorable à l'amélioration des eaux du Balaton.

Actuellement, les eaux résiduaires non purifiées menacent l'eau souterraine aussi bien que l'environnement à la suite de l'absence de réservoirs collecteurs et, indirectement, le lac. Il faut y ajouter les matières fécales enlevées et transportées par véhicule. La construction d'installation de purification permettra de maintenir, même en cas de croissance démographique, le degré de pollution à un niveau équilibré pour un certain laps de temps; elle permettra même de l'abaisser.

- Les pollutions d'origine industrielle ont leur source dans les usines implantées aux grandes localités de la ceinture balnéaire. Actuellement, on réussit à en purifier une bonne partie. On s'emploiera à l'augmenter continûment. Suite au fonctionnement discontinu des usines au cours de l'année, ce problème mérite l'attention particulière des autorités. L'interdiction d'aménagement industriel est une mesure qui ne fera décroître le degré de pollution dans la ceinture balnéaire qu'à l'avenir.

Tableau 2 Facteurs qui influent sur la qualité de l'eau du Balaton

A. Influences directes			
Désignation	Période d'action	Tendance	Méthode de réduction
1	2	3	4
Atmosphère	année	montée	inconnue
Baigneurs	saison	mont.rapide	connue partiellement
Canots à moteurs	saison	baisse rap.	sera résolue
Bateaux de plaisance	saison	mont.rapide	connue (réserv.coll. et évacuat. contrôlée)
Bateaux pêcheurs, chalands, péniches	année	montée	" "
Joncs, roseaux, végétation aqu.	hiver, été	montée	" "
Influences aléatoires, particularités	année	montée	mesures de contrôle plus sévères
B. Influences directes / rivage			
Evolution démographique			
	saison	mont.rapide	limitation/bâtiment, régulation des affluences (fins/sem.) par les prix
Evacuation/épuration des eaux résiduaires	surtout saison	montée	construction d'installat. de purification
Eaux résiduaires non purifiées	surtout saison	montée	" "

1	2	3	4
Pollutions d'origine industrielle	année	caisse	intensification de la purification
Pollutions entraînées en dehors des localités (ringage)	cas isolés	montée	Protection de l'environnement; plus de propreté
Influences de caractère et d'origine aléatoires	année/cas isolés	montée	deux directions: préparation et protection
C. Influences indirectes / bassin versant			
Transfert et nombre des populations	année	mont.f.aible	épuration des eaux résiduaires, protection de l'environnement
Industrie	"	montée	" "
Transports	"	"	surtout protection de l'environnement
Chimisation de l'agriculture	année/cas isolés	mont.rapide	mesures de sécurité, protection du sol/pro-cés modernes, stockage/ramassage contrôlés
Grandes exploitations de production animale	année	montée	épuration des eaux résiduaires, protection de l'environnement
Centres de matériel agricole, usines de traitement	"	"	" "
Influences de caractère et d'origine aléatoires	"	"	protection de l'environnement

- Une source importante de pollutions est l'enlèvement des ordures par rinçage, à l'aide des précipitations, et nettoyage des localités de la ceinture, p. ex. les terrains bâtis, les moyens de transport, le nombre croissant des stations-service. On a établi que d'abondantes précipitations entraînent plus de composantes et d'ordures solides des localités que ne le font les eaux résiduaires de celles-ci. Aux Etats-Unis, la teneur en phosphore s'élève à 0,1 mg/l - 4 mg/l; puis, on a relevé la présence de pollutions considérables d'origine pétrolière, etc. (17). La charge apparaît dans des cas isolés; au cours de l'année, elle ne fait que monter. Une protection plus active de l'environnement pourrait réduire également ces inconvénients.

- Parmi les influence d'ordre aléatoire, notons les collisions ferroviaires et routières ainsi que la pollution pétrolière due au suintement du liquide à la suite d'une détérioration des réservoirs aux usines. Ce sont des risques que l'on court à tout moment. La protection exige des opérations judicieuses d'organisation et de conception ainsi que la réalisation de mesures nécessaires immédiatement après la formation d'un foyer de pollution.

Notons en résumant la discussion que les influences nuisibles exercées par la ceinture balnéaire sur la qualité de l'eau du Balaton doivent être prises en considération (voir tabl. 2).

4.3. Influences indirectes exercées par le bassin versant et les raisons d'un recensement exact

Les changements qui s'opèrent dans le bassin versant du Balaton, et ceux qui s'opéreront encore, exercent des influences de plus en plus intensives sur la qualité de l'eau du lac. Il est quasi impossible de regrouper ces influences; mais la tendance se manifeste déjà. La figure 3 présente la répartition du bassin versant du Balaton. L'influence exercé par ce bassin sur la qualité de l'eau, se base sur les éléments suivants: nombre des localités et des habitants, développements de l'industrie et des transports, chimisation de l'agriculture, grandes exploitations de production animale, centres de matériel agricole, etc.

Selon les informations fournies par l'Office Central des Statistiques, la figure 3 indique toutes les localités situées en dehors de la ceinture balnéaire du lac et les nombres des populations correspondantes. Dans le bassin versant, nous relevons, sur un territoire de 5.200 km², 317 localités à l'extérieur de la ceinture, dont 275 - ce sont 64 pour-cent - dans le bassin versant du fleuve Zala. Le grand nombre de petites localités qui ne diminuera guère, devra nécessairement entrer en ligne de compte.

Le nombre et la répartition de la population méritent encore plus d'attention. L'action de 300.000 habitants vivant en dehors de la ceinture balnéaire, pollue et menace le Balaton. Les problèmes de canalisation et d'épuration des eaux résiduaires ne se résolvent que très lentement aux petites localités. Nous attendons, à l'avenir, la présence de 400.000 personnes dans le bassin versant en dehors de la saison, et de 1.300.000 personnes pendant la saison. On ne saurait négliger cette réalité.

- Jusqu'à présent, le bassin versant n'est guère industrialisé. Notons seulement l'implantation d'usines peu importantes des industries pétrolière, légère et alimentaire. Dans l'intérêt du plein emploi de la main-d'oeuvre, nous attendons certains progrès dans ce domaine. C'est pourquoi le danger de pollution s'aggravera. La méthode susceptible d'enrayer les pollutions pourra être la purification efficace des eaux résiduaires et la protection plus efficace de la qualité d'eau.

- Aux transport, ce sont les pollutions provoquées par la circulation routière (personnes et marchandises) qui s'avèrent les plus dangereuses, mais il ne faudra pas non plus négliger le trafic ferroviaire. Dans ce domaine, la tendance est ascensionnelle de sorte que l'on pourra s'attendre à des pollutions continues autant qu'aléatoires. Les tâches de la protection de l'environnement s'amplifieront également.

- Il y a 20 ans, la chimisation intensive commençait dans la région concernée; c'est ainsi que l'emploi des engrais chimiques a septuplé dans les trois zones situées autour de Balaton. Comme à l'étranger, on s'attend à la croissance continue de cet emploi. Mettons que 2 - 4 pour-cent seulement des substances ac-

Tableau 3 Localités situées dans le bassin versant du Balaton, et populations recensées (Office central des statistiques) pour 1970

Désignation	Nombre des localités			Habitants (mille)		
	en de- hors de la cein- ture	dans la cein- ture	bassin ver- sant total	en de- hors de la cein- ture	dans la cein- ture	bassin ver- sant total
Bassin versant du Zala	176	1	177	176	4	180
Bassin versant nord du Balaton	50	24	74	44	62	106
Bassin versant sud du Balaton	49	17	66	65	54	119
Total	275	42	317	285	120	405

tives contenues dans les engrais mêlés à la terre, passent à la surface d'eau, il faut calculer à plusieurs centaines de tonnes les quantités d'azote et de phosphate qui, même en cas de contrôle scrupuleux, se mêlent aux eaux du lac. Si l'on laissait aller les choses ces quantités iraient en augmentant. L'emploi de produits de protection végétale est une autre source, de plus en plus dangereuse, des pollutions. Ces deux genres de charge se font sentir pendant toute l'année. Après les précipitations, le niveau d'eau monte et on enregistre un accroissement rapide des valeurs mesurées. L'enlèvement par rinçage pourrait se faire, en partie, par l'emploi d'installations de retenue aménagées aux affluents. Actuellement, nous ne connaissons pas encore l'efficacité des avant-barrages ni la durée de séjour dans l'installation qui opère l'élimination des substances.

- Autour du Balaton, il existe quelque 70 grandes exploitations de production animale, dont 19 produisant d'importantes quantités de purin. La réduction de cette source d'influences, l'élimination en est une question vitale. A l'avenir, nous nous verrons devant la nécessité accrue d'aménager d'autres exploitations de ce genre, surtout dans l'intérêt de l'approvisionnement

de la population. Même en implantant ces entreprises dans des constructions qui excluront toute pollution de l'environnement, il faudra tenir compte des charges aléatoires, imprévues, qui en résulteront.

- Les centres de matériel agricole et les usines de traitement de produits agricoles laissent s'écouler des quantités d'eau purifiée ou non purifiée qui présentent d'importantes sources de pollution et de danger pour la qualité d'eau du Balaton (eaux résiduaires huileuses, pollutions provenant des entreprises de vinification, eaux usées des installations d'embouteillage avec une certaine teneur en produits détergents, etc.). A l'avenir, le nombre de ces centres de technique agricole et le parc de machines s'accroîtront; les inconvénients temporaires pourront être réduits par des mesures de protection plus efficaces (p. ex. collectage des huiles usagées).

- Les possibilités de pollutions aléatoires s'amplifieront (conduites de pétrole et réservoirs défectueux; des détériorations aux installations de manutention d'engrais ou de produits chimiques pourront se produire à tout moment; elles provoqueront même, si des mesures indispensables ne sont pas prises sans délai, des dangers énormes pour le Balaton). La tendance des influences nuisibles indirectes, provenant du bassin versant, est ascensionnelle.

Dans l'ensemble, on peut les considérer comme dangers majeurs. Le tableau les indique également sous les aspects généraux.

5. Le développement des facteurs qui influent sur la qualité de l'eau, sous l'aspect du temps

Le facteur le plus dangereux qui, directement ou indirectement, influe sur le Balaton, est l'action croissante du bassin versant qui vient s'ajouter, en s'amplifiant, aux facteurs provenant du rivage. L'investigation des charges et leur évaluation pourront se faire, à notre avis, à partir des deux facteurs. Le premier en est la charge enregistrée au cours de l'année ou dans certaines périodes de celle-ci; le second type s'applique à long terme (tabl. 1 et 2). Les mesures nécessaires à prendre pour protéger la qualité de l'eau et l'efficience de celle-ci, ne

sauraient être décidées que sur la base même de ces facteurs.

De nombreux auteurs cherchent à démontrer que l'évacuation des eaux résiduaires et la purification de celles-ci seraient les mesures appropriées pour résoudre le problème de la protection des eaux du Balaton. Les faits mentionnés ci-dessus ne parlent pas assez nettement en faveur de la justesse de ces affirmations.

Les expériences recueillies à l'étranger, vont dans le même sens. Des méthodes connues et applicables pour améliorer la qualité de l'eau (17), il n'y en a aucune qui se recommanderait pour opérer un échange de l'eau du Balaton - une eau de qualité supérieure -, ni son traitement direct, ni même le remplissage du lac (16). Notre objectif final consiste à préserver la vie dans le lac en réduisant les composantes qui, introduites dans les eaux, entraînent la pollution de celui-ci, et en entravant le processus d'eutrophisation. Les limites sont connues. Nous devons donc chercher à conformer toutes les influences; il s'agit avant tout d'éliminer toutes les sources de pollution même si, du premier coup d'oeil, elles semblent être peu importantes. Leur élimination pourra aboutir à l'amélioration de la qualité d'eau non seulement au Balaton mais aussi dans d'autres lacs. N'oublions pas le caractère des lacs, influencé par le bassin versant et dépendant des précipitations, ni le danger de concentration de polluants dans les lacs, ni le danger croissant de l'eutrophisation.

Ce n'est pas par hasard que les Etats-Unis et le Canada ont conclu un traité portant sur la prévention de la pollution des cinq lacs (19), et qu'ont été mises au point certaines recommandations concernant le Lac de Côme. L'amélioration du niveau de vie et la durée prolongée des vacances mènent, dans le monde entier, à l'utilisation plus intensive des eaux; notamment les lacs qui se prêtent à des fins récréatives. Le taux d'utilisation, en hausse rapide, exige un niveau supérieur de l'alimentation en eau, de la canalisation, de la clarification des eaux résiduaires. La circulation et les transports croissants ainsi que l'influence nuisible de l'environnement exigent de porter beaucoup d'attention à la protection de la qualité et de l'environ-

nement des eaux. Ces tâches pourront être résolues en mettant en place d'importants investissements et en engageant des dépenses élevées scientifiquement fondées et fixées dans les plans prospectifs complexes.

Littérature

Pas indiquée par l'auteur.

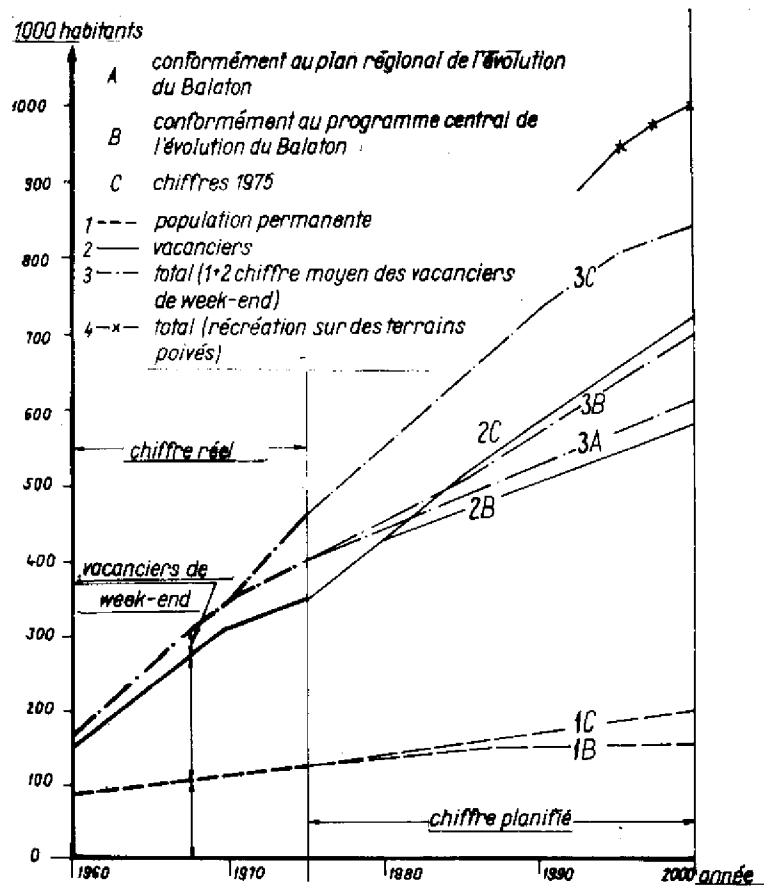


Fig. 2: Développement démographique dans la zone de tourisme du Balaton

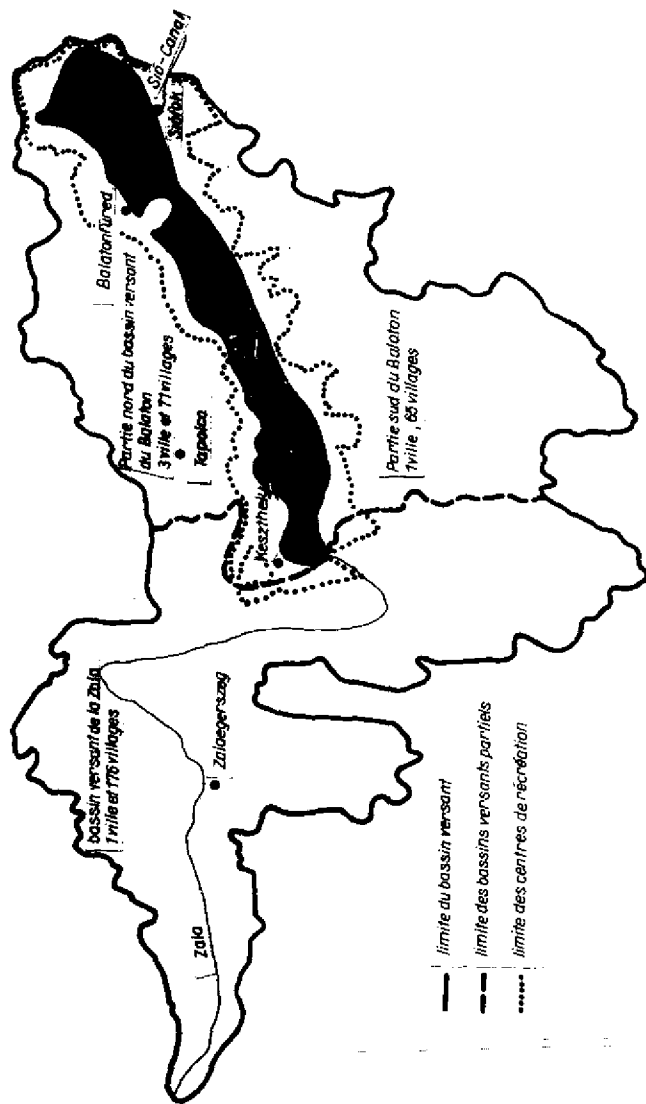


Fig. 3: Bassin versant du Balaton / influences provenant des régions voisines

**EUTROPHISATION DES EAUX ET PROBLEMES DE LA PROTECTION SPECIALE
DE LA NATURE**

H. WEINITSCHKE

Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Institut für
Landschaftsforschung und Naturschutz, Halle/Saale
République Démocratique Allemande

A partir de sa mise sur pied, ce sont la préservation et la reproduction d'espèces végétales et animales qui sont rares, originales et attirent l'attention ou qui sont d'une valeur scientifique ou culturelle, la conservation de monuments de la nature ainsi que la sélection et l'entretien de réserves, qui font partie des tâches de la protection spéciale de la nature. Ce qui est décisif pour la caractéristique générale des efforts de protection de la nature d'un pays, c'est moins la forme de la protection de tels objets que plutôt la finalité, les objectifs sociaux qu'on veut résoudre par la protection de la nature.

En République Démocratique Allemande on a réglé les questions citées par des lois qui fixent en même temps l'importance de la protection spéciale de la nature au sein du développement social. Comme tous les domaines sociaux, c'est aussi la protection de la nature qui contribue à l'augmentation ultérieure du niveau de vie matériel et culturel de la population, à la satisfaction des besoins collectifs.

Les réserves - sélectionnées, protégées par des lois et systématiquement entretenues - servent à la documentation de biogéocénoses comme régions de la recherche écologique et éléments stabilisateurs du paysage et de son bilan, et finalement servent des buts d'éducation et de formation.

Les eaux de notre pays aussi, depuis des siècles, sont utilisées par l'homme et il les a influencées d'une ampleur différente. Bien que l'homme ait changé le caractère original de ces eaux, toute une série d'eaux courantes et stagnantes - ou du moins une partie de celles-ci - ont été incluses dans le système des réserves de nature en R.D.A. Ce genre de réserves de nature comprend une large gamme d'eaux à caractère différent qui se distinguent quant à leur genèse, leur utilisation antérieure ainsi que par leurs données et conditions naturelles. Les causes

de leur sélection sont des particularités hydrographiques, hydrologiques et limnologiques, botaniques et zoologiques. Ces particularités caractérisent en même temps la sphère des recherches scientifiques possibles ou nécessaires dans ces réserves.

Sur la base de la législation respective, les institutions scientifiques avec l'aide des fonctions publiques ont mis sur pied en R.D.A. un système de régions de protection de la nature qui comprend les formes de paysage caractéristiques de notre pays dans leur apparition typique. Ces formes résultent des données naturelles, mais aussi de l'influence économique de l'homme. Le système de régions de protection comprend 700 réserves de nature.

Les conditions préalables pour cela sont une finalité scientifique clairement orientée des activités de protection de la nature, l'encouragement de la protection de la nature par les fonctions publiques et avant tout les rapports de production, c.-à-d. la propriété collective des richesses et des beautés de la nature. Tout cela est donné en République Démocratique Allemande.

On a divisé en catégories différentes les territoires protégés qui appartiennent au système des réserves selon leur caractère, leur fonction et la cause pour leur protection.

La catégorie des réserves pourvues de lacs comprend en R.D.A. environ 13 % (94 réserves). Au sein de cette catégorie on distingue des types différents qui se caractérisent par leur dimension, leur genèse et en particulier par le degré trophique. Des lacs et d'autres eaux stagnantes oligotrophiques sont particulièrement rares, puisque l'utilisation de la nature par l'homme dans le passé aussi bien qu'à l'heure actuelle, dans la plupart des cas, a contribué à l'eutrophisation secondaire des eaux.

Avant tout on considère les eaux comme une richesse naturelle avec une grande valeur économique. Actuellement et dans le futur on se sert aussi des eaux stagnantes pour des buts les plus divers. Elles représentent des réserves pour l'alimentation en eau potable et en eau d'usage, peuvent servir de réservoirs pour l'irrigation des cultures agricoles, sont utilisées par la pisciculture et gagnent de plus en plus d'importance pour les sports nautiques et la natation, en particulier dans les centres

de récréation fréquentés. Comme déjà dit ci-dessus, elles sont aussi d'une grande valeur scientifique et culturelle et, par conséquent, d'une grande valeur sociale en tant qu'objets de la protection spéciale de la nature et en tant que forme de paysage caractéristique.

L'évolution progressive qui se poursuit en République Démocratique Allemande entraîne l'utilisation multiple du paysage conditionnée par la structure sociale et qui constitue un élément essentiel de la loi sur l'organisation systématique de la culture nationale de notre Etat socialiste. Cette loi règle toutes les questions touchant le milieu naturel y compris celles de la protection spéciale de la nature.

Ce principe de l'utilisation multiple s'applique aussi bien et amplement aux eaux en tant qu'éléments constitutifs du paysage et de ressource naturelle de la société. Dans la plupart des cas, on envisage l'utilisation collective complexe et polyvalente. Pour faire ainsi, il sera nécessaire de définir les méthodes et l'étendue de l'utilisation pour chaque cas individuel afin d'en assurer une utilisation stable.

Evidemment, on ne peut pas appliquer toutes les méthodes sans distinction à n'importe quelle eau. Il y a les diverses fonctions de l'eau dont les unes excluent les autres. Ceci est surtout valable quand il s'agit de maintenir dans une réserve certains types d'eau dans leur état caractéristique. L'utilisation systématique des ressources naturelles en République Démocratique Allemande au bénéfice de la société toute entière facilite la coordination des divers intérêts et offre en même temps la possibilité de compenser des dégâts éventuels grâce à des interventions méthodiques.

La réserve naturelle du "lac de Galenbeck" nous servira d'exemple pour illustrer un cas où l'exploitation de l'eau entraînait des dégâts qui, grâce à l'application de mesures appropriées dirigées, ont pu être compensés.

Le lac de Galenbeck, situé au nord de notre République, avec une nappe d'eau d'environ 700 ha et une profondeur moyenne de 1 m, est un exemple des lacs à très faible profondeur. Il figure parmi les plus grands lacs au nord-est de notre pays, eutrophisé par sa nature, il n'est pas soumis à une pollution secondaire causée par l'entrée de substances organiques étran-

gères. L'eau du lac est d'une transparence extraordinaire étant donné que la plupart des substances nutritives végétales provenant du bassin versant n'apparaissent pas dans le plancton mais sont concentrées dans une végétation sous-marine largement développée. La faible profondeur et le plancton peu développé font que l'éclairage du lac est excellent. Cette situation favorise le développement du peuplement végétal sous-marin (la characeae en particulier). Les essais effectués dans la période de 1959 à 1962 ont montré que les espèces des chara tomentosa, ch. rudis, ch. fragilis ainsi que de nitellopsis obtusa sont les plus répandues. Ces espèces végétales étant extrêmement rares, sont mises sous protection. La substance organique disponible provenant de la végétation abondante est déposée, oxydée au maximum, au fond du lac sous forme de puissantes couches de boue.

La riche végétation sous-marine consolidée par une large ceinture de jonc et de roseau s'élevant aux alentours des rives du lac, fait du lac de Galenbeck un immense foyer de ponte et de repos pour une aviculture riche en espèces (oiseaux aquatiques). On a pu enregistrer un nombre de 106 espèces différents comme oiseaux de ponte et de 50 espèces d'oiseaux qui fréquentent temporairement la région. Ainsi la réserve représente un des plus importants habitats pour les oiseaux aquatiques. La représentation nombreuse du cygnus olor qui, jusqu'à l'entrée en vigueur du nouveau règlement en 1970 tombait en R.D.A. dans la catégorie des espèces animales en train de s'éteindre, mérite une mention spéciale. Le peuplement du lac de Galenbeck par un nombre considérable de cygnes a remporté à ce dernier la dénomination de "lac de cygnes". Pour retrouver une concentration pareille de cygnus alors il faudra aller jusqu'à la région de Olsztyn au nord-est de la République Populaire de Pologne où il y a une autre réserve ornithologique protégée également avec un "lac de cygnes".

Étant donné que le lac de Galenbeck, par sa nature, figure parmi les lacs eutrophisés, il avait été envisagé de l'utiliser pour l'élevage intensifié de la carpe. La présence des carpes qui y était faible (cyprinus carpio) fut enrichie en 1965 d'un peuplement artificiel d'alevins du même genre dans le but de produire encore plus de poisson pour l'approvisionnement de la population. La gamme de la nourriture des poissons fut complétée artificiellement par l'addition de froment (env. 240 t de céréales par an).

Déjà un an plus tard, il se manifestait un développement négatif très évident: la transparence du lac de Galenbeck fut troublée à cause du fait que les carpes, à la recherche de nourriture, pénétraient dans les couches bourbeuses du lac. De cette manière, la lumière, élément important favorisant la croissance de la riche végétation sous-marine, était réduite au minimum et la conséquence en était une diminution très sensible de la végétation sous-marine. Le remuement perpétuel du sol minimisait la possibilité pour le peuplement par des plantes aquatiques sous-marines et les substances nutritives présentes dans l'eau ne furent plus absorbées par la végétation sous-marine mais, par contre, favorisaient le développement du plancton, ce qui eut pour conséquence l'aggravation de la turbidité de l'eau et un nouvel étouffement de la végétation sous-marine. L'absorption insuffisante des céréales par les carpes conduisait à la pourriture des quantités restantes qui, peu à peu, commençaient à fermenter. L'état chimique de l'eau avait fondamentalement changé en particulier dans les zones d'alimentation. Les recherches effectuées par un groupe de plongeurs ont montré qu'environ 20 % des céréales destinées à la nourriture des poissons n'étaient pas touchées et furent déposés au lac.

La détérioration de la végétation sous-marine avait pour conséquence une nouvelle diminution de la teneur de l'eau en oxygène ce qui favorisait l'intensification des processus anaérobies qui, eux, entraînaient un nouveau dégagement de substances nutritives végétales.

Les conséquences de cette situation sur l'aviculture du lac étaient désastreuses. Les espèces qui y étaient présentes en nombre considérable avaient diminué à un dixième et même au-dessous, de leur inventaire. Le peuplement du cygnus orlor fut particulièrement affecté. En 1966, un an après le début de l'intensification de l'élevage des carpes, on avait retrouvé un grand nombre de jeunes animaux périés. Les constatations vétérinaires indiquent la mycose comme ayant provoqué le dépérissement des animaux, qui cependant était dû en premier lieu à l'épuisement des jeunes animaux par manque de nourriture. Le cygnus orlor se nourrit principalement en broutant dans les végétations sous-marines ce qui est parfaitement possible jusqu'à une profondeur d'eau de 80 à 100 cm. La faible profondeur du lac de Galenbeck offrait donc des

possibilités idéales pour l'alimentation des cygnes. Cependant, le dépérissement et la détérioration de la végétation sous-marine anéantit la base alimentaire du cygne orlon ce qui était la cause primordiale de sa diminution provoquée en particulier par la mortalité élevée des jeunes animaux.

Les changements survenus de la biogéocénose se sont montrés nuisibles à la tâche et à la valeur du lac de Galenbeck en tant que réserve naturelle. Dans l'intérêt d'un maintien ultérieur de la réserve il fallait un changement immédiat de la situation donnée.

Après des négociations et des concertations entre tous les intéressés, on a décidé de suspendre l'élevage intensifié de carpes dans le lac de Galenbeck. Les jeunes poissons avec lesquels on avait peuplé le lac furent retirés le plus rapidement possible ce qui prenait assez beaucoup de temps étant donné que les puissantes couches de boue sur le fond du lac, dans lesquelles vivent ces poissons, rendaient difficile la capture de toutes les carpes.

L'addition de céréales nécessaire pour nourrir le peuplement restant fut réduite à un tiers pendant un certain temps pour s'arrêter complètement après peu de temps. L'addition réduite de céréales était concentrée sur une seule section du lac.

Par ces mesures il fut atteint que déjà en 1968 le peuplement de carpes était réduit dans une telle mesure qu'il correspondait au peuplement avant l'élevage intensifié.

Au cours des années suivantes un redressement graduel de la biogéocénose fut enregistré en direction de l'état primitif (avant l'élevage intensifié). La turbidité s'affaiblissait, la végétation sous-marine recommençait à se développer et les espèces d'oiseaux aquatiques autrefois présentes recommençaient à fréquenter le lac. Le tableau ci-dessous donne un aperçu du développement de certaines populations sélectionnées représentant des espèces significatives, pendant les années 1962 (avant l'élevage intensifié), 1966 (après un an d'élevage intensifié) et 1974/75 après une période de régénération de six ans.

Tableau: Changements du peuplement d'espèces d'oiseaux sélectionnées de la réserve naturelle du lac de Galenbeck (recensement toujours en octobre)

	1962	1966	1974	1975
Cygnus orlor	240	40	269	330
Canards (spatula clypeata)	240	10	80	235
Aythya ferina	200	19	240	250

A côté des espèces d'oiseaux y présents pendant la période de migration on peut s'attendre à un développement similaire des populations d'oiseaux de ponte. Le contrôle continu est assuré et les observations récentes laissent supposer une normalisation de la situation.

L'exemple du lac de Galenbeck montre que même dans les eaux eutrophisées naturelles on peut causer une eutrophisation ultérieure par des mesures économiques. De telles interventions qui ne tiennent pas pleinement compte, du début, de l'ensemble des effets secondaires mènent à des changements fondamentaux, dans notre exemple comme suite de l'eutrophisation.

Mais d'autre part le lac de Galenbeck montre aussi qu'il n'est pas seulement possible d'arrêter le développement négatif qui s'est produit, mais aussi de rétablir l'état primitif afin de maintenir pour l'avenir une réserve naturelle dans sa valeur scientifique et culturelle.

Pour y arriver il est nécessaire de coordiner d'une manière générale tous les intérêts, les intérêts économiques n'y étant pas le seul point de départ. Pour maintenir la réserve il était indispensable de renoncer à la production supplémentaire de carpes. C'était seulement possible puisque ce n'étaient pas des intérêts privés ou des avantages économiques de particuliers qui étaient décisifs pour le traitement ultérieur du lac de Galenbeck, mais les intérêts de toute la société.

En R.D.A., les principes de la protection et de l'utilisation de la nature et de ses richesses par l'homme sont fixés dans la législation pour la protection de la nature et sont pleinement appliqués lors de l'utilisation ultérieure des richesses de la nature. Les fonctions publiques qui planifient et

gèrent l'économie prennent soin qu'à côté des intérêts économiques on respecte pleinement et on traite sur un pied d'égalité aussi les intérêts de la protection de la nature, la préservation d'une aviculture riche en espèces. C'est seulement de cette manière qu'on peut garantir à long terme l'utilisation des richesses naturelles et leur protection en société socialiste en même temps.

LOISIR AU BORD DE L'EAU ET L'EUTROPHISATION

H. KLAPPER⁺) et W. GRINGMUTH⁺⁺)

⁺) Institut für Wasserwirtschaft, Berlin, et

⁺⁺) Akademie der Wissenschaften der DDR, Zentralinstitut für
Wirtschaftswissenschaften, Berlin

République Démocratique Allemande

Dans la communication au sujet de "Problèmes relatifs à l'exploitation planifiée à long terme de la ressource naturelle d'eau en R.D.A." (GRINGMUTH/ROOS), qui sera publiée dans les "proceedings", l'accent est mis sur l'aspect économique de l'exploitation des eaux, respectivement de l'eau, au sens plus étroit.

La présente communication est consacrée à un autre aspect de l'exploitation des eaux: c'est son utilisation pour la détente et le repos et son rapport avec l'eutrophisation.

La société socialiste et son économie nationale poursuivent l'objectif d'augmenter constamment le niveau de vie matériel et culturel et de satisfaire toujours mieux les besoins croissants de la société. Cela a été confirmé de nouveau par le IX^e Congrès du Parti socialiste unifié d'Allemagne (S.E.D.).

Un besoin reconnu, et qui devient toujours plus important, c'est la récréation active au bord de l'eau. Toutes les activités, avec ou sans contact du corps avec l'eau, deviennent de plus en plus indispensables pour l'organisme humain, pour la conservation et la reproduction de sa force de travail. A cet égard, une importance toujours croissante revient aux eaux et à leurs fonctions pour la reproduction de la force de travail humain. Cela signifie en même temps que toute diminution de la capacité de rendement des eaux, par exemple par suite de l'eutrophisation, constitue une perte pour leur exploitation aux fins de loisirs et de repos, donc pour la société.

Ce qui vient d'être dit est particulièrement valable pour la R.D.A., pays de petite superficie et d'une population très dense (157 habitants au km²). Le potentiel de récréation naturel de la R.D.A. est subdivisé en 24 paysages de récréation exploités en premier lieu pour la récréation à long terme. Ces paysages englobent une superficie d'environ 20 000 km², soit 18,5 % du

territoire de la R.D.A. A part de cela, il y a encore de nombreuses parties de paysage plus petites, indiquées particulièrement pour les loisirs de courte durée. Elles constituent une superficie d'environ 6000 km², soit 5,5 % du territoire total. La R.D.A. ne dispose donc de paysages récréatifs qu'en étendue limitée, ce qui exige que toutes les possibilités de récréation soient largement exploitées, y compris surtout celles situées au bord des eaux.

Classées selon le type de paysage, les possibilités de récréation au bord de l'eau s'offrent notamment:

- sur la côte de la Baltique qui assure environ 40 % de toute la capacité disponible pour les vacanciers et où le camping est très développé;

- dans la région des lacs, notamment au nord et au centre de la R.D.A. (plateau des lacs mecklembourgeois, région des lacs de la Havel et de la Spree), totalisant environ 30 % de toute la capacité disponible pour les vacanciers, et un peu plus de la moitié de la capacité de camping de la République;

- au bord des réservoirs artificiels et des rivières dans les montagnes d'altitude moyenne.

Notons aussi la fréquence des voyages entrepris aux fins récréatives: en 1966 déjà, presque 50 % des citoyens de la R.D.A. sont partis en vacances une fois par an. D'année en année, ce pourcentage a constamment augmenté de manière que la R.D.A. occupe actuellement une place avancée à l'échelle internationale. A cela s'ajoutent les loisirs de courte durée aux environs immédiats du domicile, chose également très importante pour les habitants des grandes agglomérations. Cette forme de récréation va en augmentant, vu la généralisation prévue de la semaine de travail de 40 heures et la motorisation croissante.

Afin de caractériser les possibilités d'exploitation des eaux aux fins récréatives, KLAPPER a élaboré une échelle d'appréciation, subdivisée en trois groupes de facteurs principaux:

Groupe A: Facteurs concernant l'équipement naturel;

Groupe B: Facteurs caractérisant le degré d'ouverture des eaux;

Groupe C: Facteurs entravant l'exploitation des eaux aux fins récréatives.

Sous A), on répond au sujet de l'aménagement du relief, de la valeur récréative des environs plus éloignés, de l'aménagement des rives, du développement de la flore émergée et submergée, du degré de trophie, des conditions bio-climatiques.

Sous B), on demande au sujet des besoins de récréation dans la zone proche, des transports, de l'infrastructure pour le ravitaillement, etc.

Sous C), on indique les exploitations entravant la récréation, par exemple l'introduction des eaux usées, l'engraissement des canards en eau libre, puis les conditions hygiéniques, la charge sous forme de bruit, de pollution de l'air, d'insectes, la surcharge par un nombre trop élevé de visiteurs.

Les divers facteurs des groupes principaux A, B et C (dans chaque groupe il y en a sept) sont notés au moyen de chiffres 0 à 2. Pour des conditions normales, on attribue un 1, pour les conditions entravant la récréation une valeur < 1, et pour des conditions particulièrement favorables, une valeur entre 1 et 2. De toutes ces grandeurs, on déduit ensuite un facteur complexe (F_w), indiqué comme valeur numérique et calculé au moyen de la formule:

$$\frac{\sum_{i=1}^7 A_i}{2} + \frac{\sum_{i=1}^7 B_i}{7} \cdot \frac{\sum_{i=1}^7 C_i}{7} = F_w$$

Ce facteur permet déjà une certaine comparaison entre quelques eaux. Partant de cela, on devrait procéder à des analyses économiques plus poussées, en vue de déterminer les investissements (les coûts) nécessaires à l'augmentation du rendement récréatif des eaux.

Les mesures restauratives prises contre l'eutrophisation, mesures visant à baisser la teneur en substances nutritives des eaux à classer, à éliminer les plantes aquatiques, et l'envasement, à exclure toute introduction d'eaux usées et à limiter les exploitations entravant la récréation, concourent à augmenter les possibilités de récréation; ce qui rend possible, en outre,

que de divers procédés d'assainissement deviennent comparables,
certes au cadre de certaines limites.

L'EXPLOITATION SCIENTIFIQUEMENT FONDÉE DES ECOSYSTEMES ET SON
ROLE DANS LA LUTTE CONTRE L'EUTROPHISATION

H. KLAPPER et E. SEIDEL

Institut für Wasserwirtschaft, Berlin

République Démocratique Allemande

Le problème de l'eutrophisation des eaux exige, pour être résolu, la coopération entre scientifiques, technologues, économistes et sociologues dans le sens d'une nouvelle spécialité scientifique, l'exploitation d'écosystèmes, dont le but est d'exploiter la qualité des eaux stagnantes.

Sur le plan des sciences naturelles, il y va de l'approfondissement des connaissances sur les facteurs écologiques agissant dans l'ensemble du système: facteurs hydrographiques, physiques, chimiques et biotiques ainsi que leurs interactions. Ce qui nous intéresse particulièrement sur le plan de l'eutrophisation, ce sont les relations causales entre l'offre en substances nutritives et la bioproduction, l'effet d'une charge croissante de substances nutritives et la bioproduction (eutrophisation), respectivement l'élimination de substances nutritives par des mesures restauratives (oligotrophisation). Une charge élevée de substances nutritives va de pair avec une bioproduction élevée qui, certes, entraîne une diminution de la teneur en substances nutritives (auto-épuration biologique), mais qui a simultanément pour effet d'entraver fortement, ou de rendre impossibles, des exploitations exigeantes des eaux, sur le plan de l'approvisionnement en eau potable ou récréatif (chromatisation de la végétation, fleurs d'eau, pertes d'oxygène, prolifération des plantes aquatiques, envasement), aluvionnement. Les eaux stagnantes, bien qu'elles puissent être considérées comme systèmes ouverts, possèdent une force d'inertie considérable, conformément au faible taux de renouvellement accusant souvent le pourcentage de moins de 10 %/a (UHLMANN et KLAPPER, 1973). Outre le temps de séjour, des mécanismes de régulation placés à l'intérieur du lac produisent un effet de stabilisation. Des changements qualitatifs, par exemple dans l'échange de matière au sédiment, n'ont lieu que lorsque les grandeurs de charge critiques sont dépassées. On a observé de nombreux processus distincts dans

la nature - confirmés dans des essais faits au laboratoire -, on a analysé des séries de mesures au moyen de la statistique des variations, de sorte que le temps soit venu de passer de la phase descriptive à la phase de l'aménagement conscient et planifiée de l'environnement. Le modelage mathématique, du moins de processus partiels, les connaissances sur les grandeurs de charges critiques ainsi que les facteurs limitant la bioproduction, la cartographie des eaux et d'autres informations devenues accessibles entre temps peuvent servir de base à une prise de décision objective dans l'exploitation d'écosystèmes.

Dans les Etats socialistes, on part de la responsabilité envers les générations à venir et, par conséquent, du fait que les potentiels sociaux, économiques et techniques ayant trait à l'exploitation et à la charge de l'environnement naturel, doivent être planifiés à long terme et de cette manière qu'à l'avenir aussi l'approvisionnement stable, en eau potable par exemple, soit assuré.

Le rôle de la technique se montre de la façon la plus impressionnante là où, moyennant barrages, bassins de retenue, anciennes exploitations de charbon à ciel ouvert, carrières, etc., l'on a créé de nouveaux écosystèmes limniques, parfois d'une étendue immense. Ces "man-made lakes" représentent d'excellents objets d'étude pour les recherches écologiques, par exemple en ce qui concerne la colonisation primaire, la formation des biocénoses et de l'équilibre biologique.

Le technicien/technologue devrait être également informé sur les effets qu'exercent les constructions hydrologiques sur la qualité de l'eau. Le choix de l'endroit d'un barrage est décisif pour savoir si le bassin de retenue prévu aura des rives abruptes (faible formation du littoral), ou plates. Actuellement, le degré de fortification, la hauteur de l'ouvrage de barrière et, par conséquent, le volume d'eau sont toujours déterminés en fonction de considérations économiques relatives aux coûts de construction. Mais la profondeur de l'eau, l'ampleur de l'hypolimnion, et donc aussi la teneur en oxygène de l'eau profonde, sont également décisives pour la bioproduction qui va s'effectuer, ce qui influence à son tour les coûts nécessaires pour le traitement ultérieur de l'eau, ou le rendement escompté de la pisciculture.

Pour les avant-barrages, il y a en R.D.A. des directives de mensuration et un standard régissant leur utilisation systématique en vue de l'élimination de phosphate (TGL 27 885/02). D'un autre côté, la construction de barrages de grande dimension entraîne aussi des effets secondaires indésirables et non voulus, qui ne sont pas de nature économique, mais qui pénètrent d'une manière importante dans la sphère sociale. En Afrique, les bassins de retenue construits en premier lieu pour la production d'énergie, tels le lac Volta, le lac Kariba, le lac Nasser, ont fait naître des problèmes relatifs à la translocation de la population. Ces lacs ont permis l'essor de la pisciculture et de l'agriculture (irrigation), mais ils ont fait naître aussi des problèmes inattendus sur le plan de la prolifération des plantes aquatiques, entraînant même le recul de la pêche et le fait que de vastes étendues d'eau sont devenues impraticables pour les transports fluviaux. La prolifération des plantes aquatiques a créé de nouveaux espaces vitaux pour les espèces d'escargot *Bulinus* et *Biophalaria*, servant d'hôte intermédiaire aux parasites de l'espèce *Schistosoma*, agent de la bilharzia redoutable; d'autres helminthoses s'en trouvaient également favorisées (GOLTERMAN, 1975). Là, la solution des problèmes relatifs à la prolifération des plantes aquatiques est devenue une tâche économique et sociologiquement urgente, dans le cadre de l'exploitation d'écosystèmes.

Les modifications de l'écosystème provoquées par l'homme devraient être prises en considération dès le stade de planification, afin de respecter dès le début les grandeurs critiques qui, une fois dépassées, provoquent le collapsus, autrement dit, si l'on veut éviter des conséquences irréversibles, il faut respecter les normes de sécurité, non seulement du point de vue de la construction, mais aussi sur le plan écologique.

En R.D.A. et dans les pays de la communauté des Etats socialistes, la solution de problèmes écologiques fait l'objet d'une coopération interdisciplinaire et internationale, en fonction des possibilités sociales objectives. Les tâches multiples qui se posent sur ce plan de l'économie nationale, sont résolues par des instituts techniques des ressorts correspondants, sur la base d'une participation à part entière.

Afin d'habiliter les cadres techniques à la largeur de vue

nécessaire pour résoudre les problèmes écologiques, les questions relatives à l'environnement sont prises en considération dès la formation technique et universitaire, selon des programmes différenciés. Par une coopération systématique, il est possible de résoudre également des problèmes écologiques dans la phase de préparation des constructions. En R.D.A., par exemple, il est prescrit de demander, dans la phase de planification de la construction d'un barrage, une expertise limnologique qui, évaluant l'évolution du futur écosystème, donne des recommandations quant au façonnement favorable de la construction, du point de vue de l'exploitation de la qualité de l'eau.

La science écologique devient immédiatement une force productive du fait qu'elle fournit les fondements de planification pour un degré d'équipement objectivement fondé, par exemple de barrages utilisés pour la production d'eau potable, pour l'assainissement de la région de drainage, pour la construction d'installations du 3^e degré sur le plan du traitement des eaux usées, pour la construction d'avant-barrages, etc.

Le rapide essor du développement des procédés d'assainissement fait naître des tâches technologiquement nouvelles, par exemple sur le plan des méthodes concernant le dévasement des lacs et la mise en valeur de la boue, la retenue de lacs, la précipitation de substances nutritives dans l'eau, la dérivation des eaux de profondeur, la lutte mécanique, chimique et biologique contre les plantes, le soutien au budget d'oxygène par l'aération artificielle sous forme d'aération de la surface, la déstratification ou l'aération de l'hypolimnion.

Le liage économique entre le développement du plancton et le traitement d'eau potable est connu. Il est possible de procéder à des analyses touchant les coûts et le rendement (BEUSCHOLD, 1976), afin de comparer, sous l'angle de l'obtention d'une même qualité d'eau, l'oligotrophisation d'un barrage au moyen de mesures d'assainissement, d'une part, et l'augmentation des investissements pour le traitement de l'eau, de l'autre. En partant du fait que le changement de la qualité de l'eau, par l'eutrophisation par exemple, a des répercussions lointaines sur l'économie nationale entière, et même sur la politique sociale, les économistes s'efforcent d'évaluer aussi les fonctions des eaux du point de vue de l'aménagement du paysage (KLAPPER, 1972;

SALTANKINE et SHARAPOV, 1974). Les mesures restauratives mentionnées devraient se refléter aussi dans l'augmentation de la valeur récréative. L'investissement fait pour obtenir cette augmentation de la valeur utilitaire par de divers procédés d'assainissement devrait être objectivement comparable. Là où l'Etat investit d'importants moyens pour l'exploitation de l'écosystème, leur utilisation planifiée et scientifiquement fondée représente une tâche sociale que depuis long temps déjà le limnologue ou le technicien ne saurait plus accomplir seul.

En commun avec d'autres disciplines scientifiques, il faut élaborer des solutions permettant l'intégration économique la plus favorable que possible des mesures restauratives. Par exemple, les recommandations pour l'utilisation de l'engrais, établies au moyen de l'informatique et obligatoires pour les exploitations agricoles socialistes en R.D.A., sont orientées vers le minimum de pertes par l'érosion, tout en tenant compte de l'intérêt hydrologique qui a pour l'objectif de réduire au maximum l'entrée de substances nutritives dans l'eau. La boue des lacs, utilisée pour amender le sol et pour en augmenter la fertilité, accroît la capacité de sorption du sol, diminue l'érosion des substances nutritives et améliore ainsi l'écosystème lac/environnement.

Cette communication avait pour but de plaider en faveur d'une coopération étroite de toutes les disciplines scientifiques concernées, dans le cadre de l'assainissement conscient de l'environnement pour le bien de la société.

Littérature

- BEUSCHOLD, E.: Zum Problem der komplexen Bewirtschaftung von Talsperreneinzugsgebieten mit dem Ziel der Verhinderung der Eutrophierung. Rapport d'EUTROSYM '76
- GOLTERMAN, H. L.: Physiological limnology. Elsevier Sci. Publishing Comp., Amsterdam, Oxford, New York 1975, 489 p.
- KAEDING, J., KLAPPER, H. et SCHAAKE, U.: Zu den stoffverändernden Funktionen der Gewässer und ihrer ökonomischen Bewertung. Wasserwirtschaft - Wassertechnik 22 (1972) 260 - 264

- KLAPPER, H.: Vorschlag zur Darstellung des aktuellen Erholungswertes einer Seenlandschaft. Wasserwirtschaft - Wassertechnik 22 (1972) 141 - 144
- SALTANKIN, V. P. et SHARAPOV, V. A.: Nekotorye voprosy rekreacionogo ispolsovanija kompleksnych vodochranilische vblizi gorodov (na primere Moskvy). Vodnye resursy 5 (1974) 77 - 87
- UHLMANN, D. et KLAPPER, H.: Kurz- und langfristige Auswirkungen der Abwasserbelastung der Gewässer auf ihren Erholungswert. Wiss. Z. Techn. Univers. Dresden 22 (1973) 682 - 685
- TGL 27 885/02: Wassergitebewirtschaftung - Phosphatelimination in Vorsperren

COMMENTAIRE AU RAPPORT DE COMPLEXE A

D. UHLMANN

Technische Universität Dresden, Sektion Wasserwesen
République Démocratique Allemande

Au nom de la délégation de la République Démocratique Allemande, je voudrai exprimé ma approbation au sujet du travail étendu exécuté par le rapporteur. Déjà améné à la conservation par Dr. GANAPATI, les conséquences de l'eutrophisation attaquent directement les conditions vitales de quelques cents millions des hommes vivant dans les pays de développement par préjudice de la santé et par réduction de l'approvisionnement en produits alimentaires pour la population. L'eutrophisation cause non seulement des frais augmentants mais encore une stabilité plus petite de l'alimentation en eau potable et elle cause des pertes en substances nutritives étant nécessaire pour la production des produits alimentaires.

La délégation de la R.D.A. voudrai bien souligner la conclusion tirée par le rapporteur, ce qu'il faudra de fixer plus de l'attention au sujet de telles pratiques de traitement des eaux résiduaires, lesquelles peuvent fournir une contribution à l'intensification de la production des produits alimentaires. En effet, la plupart de systèmes de traitement chimiques et biologique actuels des eaux résiduaires conduisent en premier lieu à une restriction, une décomposition bio-chimique des substances, lesquelles pourraient être transférées en gaz de bous, en fourrage et pour l'irrigation, engraissement et l'amélioration structurelle des sols.

Dernièrement dans la R.D.A., on a obtenu des bons résultats au sujet du remploi des eaux résiduaires pour buts agricoles. L'oligotrophisation des lacs par dérivation de l'eau riche en substances nutritives du hypolimnion peut être combinée avec l'irrigation des champs. En éliminant la boue hors des lacs eutrophisés, on peut fournir une contribution pour l'amélioration des sols pauvres, particulièrement pour l'arboriculture. Dans la R.D.A., les mesures, dont on essaie de trouver une bonne combinaison des aspects écologiques et économiques au sujet de la planification de qualité d'eau en grandes dimensions, sont par-

ticulièrement favorisées par les conditions sociales.

Des petits lacs artificiels sont également appropriés de servir comme pièges pour les substances nutritives et de cette manière, ils protègent les réservoirs d'eau potable contre l'eutrophisation. Ces installations sont aptes à traiter ou déposer les écoulements riches en substances nutritives venant des sources de pollution non ponctuelles, lesquelles ne sont pas encore maîtrisées par les pratiques conventionnelles. Les qualités d'autorégulation de tels écosystèmes artificiels signifient que la demande généralement en mains-d'oeuvres et particulièrement en personnel qualifié est très faible. Dans bien des cas, ces avantages font compenser le besoin en surface. Etant donné que les méthodes de planification essayées pour les étangs et les avant-barrages dans notre pays sont évidemment non seulement régionalement applicable, nous espérons bien qu'elles peuvent fournir une contribution à la solution des problèmes semblables de la qualité d'eau dans certains pays de développement. Notre délégation voudrai bien souligner la constatation fixée de la part du rapporteur que la transformation des eaux résiduaires en biomasse d'algues servant comme source d'albumine, mérite une attention élevée. Dans les pays de développement, le potentiel de production extrêmement haut en algues- jusqu'à 0,75 masse en sec par ha et par jour étant favorisé par les conditions climatiques - y peut aider d'augmenter la production en produits alimentaires.

Nous proposons à l'UNEP de bien vouloir accorder une priorité élevée à ce problème et de bien vouloir assister aux activités, lesquelles peuvent être combinées l'évolution de la base scientifique et les technologies qualifiées par le remède ou les mesures prophylactiques contre l'eutrophisation avec le emploi d'eau et de substances nutritives pour la production agricole.

MESURES ECONOMIQUES CONCERNANT LA COORDINATION DE L'UTILISATION
DES BASSINS VERSANTS DES BARRAGES PREVUS POUR LA PRODUCTION
D'EAU POTABLE

U. WEGENER

Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Institut für
Landschaftsforschung und Naturschutz, Halle/S.

République Démocratique Allemande

Dans les pays à population dense et qui ne disposent que de peu de ressources en eau, il faut utiliser pour la production d'eau potable non seulement des régions forestières, mais aussi des régions exploitées par l'agriculture. Cela amène des interférences fonctionnelles très nettes dans l'utilisation des surfaces. Garantir la production d'eau potable nécessite une coordination judicieuse des branches d'industrie installées dans la région. Cette coordination inclut des compromis quant à l'intensité de l'utilisation. Dans leurs communications au symposium, BEUSCHOLD, KALBE, KRAMER, et d'autres, soulignent notamment l'importance de l'exploitation complexe dans les bassins versants pour la production d'eau potable. Il y a des interférences fonctionnelles, en premier lieu, entre les branches d'industrie produisant des eaux usées, l'agriculture, la sylviculture, l'économie communale, d'une part, et la production d'eau potable, de l'autre. Par sa forme d'exploitation actuelle, la sylviculture contribue à maintenir et à élever la qualité de l'eau. Pour l'instant, les questions relatives à l'exploitation des quantités d'eau par des mesures forestières ne sont pas encore débattues. Du point de vue du bilan global des substances nutritives, les surfaces forestières tamponnent les influences défavorables que l'agriculture exerce sur la qualité de l'eau. Par contre, la coordination de la production agricole avec les intérêts de la production d'eau potable fait surgir des difficultés plus importantes, parce que les sources de substances nutritives sont distribuées diffusément et ne peuvent être influencées que difficilement par des mesures hydrologiques, et parce qu'on constate aussi de fortes concentrations ponctuelles de substances nutritives.

Dans les montagnes, la maximisation de la production agricole amoindrit automatiquement la qualité de l'eau, de ce qui

résulte qu'une optimisation des branches de production s'avère indispensable. Ce qui porte atteinte à la qualité de l'eau, ce ne sont souvent pas les procédés d'exploitation intensifs, mais les fautes d'exploitation.

En R.D.A., dans les districts de Magdebourg, Gera et Karl-Marx-Stadt, des exemples illustrent la réussite de l'assainissement de réservoirs d'eau potable, à l'aide de mesures prises sur le plan de la coordination de l'utilisation. Pour y arriver, il fallait que, sous la direction des services hydrologiques, les organes directeurs de l'économie, les organes locaux, les usines (l'agriculture, la sylviculture et l'industrie), les organes de planification territoriaux, les instituts scientifiques et les instituts de l'hygiène aient élaboré et réalisé un programme d'assainissement du territoire.

Il ressort des analyses faites par BEUSCHOLD (1975) au sujet d'une région du district de Magdebourg que, grâce à la coordination de l'utilisation, la charge d'azote est restée constante pendant plus de dix ans bien que, simultanément, l'agriculture ait fait l'objet d'une intensification systématique. Dans d'autres bassins versants exploités par l'agriculture, la charge d'azote accuse une tendance croissante.

D'autres exemples tirés des bassins versants pour la production d'eau potable dans les districts de Gera et de Karl-Marx-Stadt, où parfois plus de 90 % des charges d'azote sont causées par l'agriculture, montrent que les assainissements raisonnables doivent s'appuyer sur les optimisations de la production, celles-ci fournissant les éléments pour la coordination de l'utilisation.

Les efforts conjugués de tous les organes mentionnés auront pour effet que dans le district de Gera notamment, la charge d'azote dans les avant-barrages après avoir fortement évolué jusqu'en 1976, ira en diminuant. Dans sa communication au symposium, WEGENER énumère des mesures distinctes concernant l'exploitation agricole dans les bassins versants des barrages. Les plus importantes sont:

- l'utilisation de l'engrais doit être faite dans des périodes optimales, selon le modèle d'amendement établi au moyen de l'informatique, y compris les restrictions que ce modèle contient;

- la structure d'exploitation doit être changée en faveur de cultures de fourrage et de terrains herbeux;
- les terrains en pente, les régions autour d'une source et les surfaces améliorées nécessitent une exploitation spéciale qui tienne compte de la production d'eau potable;
- il faut prendre de vastes mesures, sur le plan de l'aménagement du paysage, pour lutter contre l'érosion des surfaces.

Dans le cadre de la coordination de l'utilisation, les mesures à prendre par l'agriculture se trouvent facilitées, en R.D.A., par:

- l'exploitation à grandes surfaces, celle-ci pouvant être réglée centralement par les organes locaux du territoire;
- la concentration de l'élevage dans de grandes exploitations disposant d'installations pour l'épuration et la mise en valeur des eaux usées, et soumises au contrôle d'une personne responsable de l'exploitation des eaux;
- un vaste travail d'instruction et de propagande sur le rôle et la protection des ressources en eau dans le territoire, notamment par le recyclage postgradual dans l'agriculture et dans la sylviculture, dans le cadre de la Société des Sciences agraires, de la Chambre de la Technique et de l'Association pour la vulgarisation des connaissances scientifiques.

Dans ce travail de coordination, une grande responsabilité revient aux organes territoriaux de planification. Des programmes à long terme, concernant le développement du paysage, permettront de mieux tenir compte des intérêts des principaux usagers et, par la création d'organes respectifs pour la planification du paysage, de rendre plus efficace encore l'assainissement des bassins versants pour la production d'eau potable.

PROTECTION DE LA NATURE ET PROBLEMES SOCIAUX

H. WEINITSCHKE

Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Institut für
Landschaftsforschung und Naturschutz, Halle/S.

République Démocratique Allemande

Les eaux, y compris les eaux souterraines, doivent être exploitées rationnellement et protégées parce qu'elles constituent une base irremplaçable du processus de reproduction sociale, notamment pour l'approvisionnement en eau potable et la satisfaction des besoins en eau industrielle ainsi qu'en eau d'irrigation pour les exploitations de l'agriculture socialiste, pour la navigation fluviale et la pisciculture. Le maintien de la propreté des eaux doit être assuré en vue de développer continuellement l'économie nationale, de promouvoir l'éducation physique et le sport, ainsi que dans l'intérêt de la santé, des loisirs et de la récréation des citoyens.

Les stipulations de la Loi sur l'aménagement méthodique de la culture socialiste du paysage en R.D.A. régissent les principes de l'exploitation et de la protection des eaux dans notre République. Le traitement des eaux s'ingère complètement dans les efforts que notre ordre social déploie pour transformer l'environnement naturel au point qu'il réponde pleinement aux exigences humaines, aujourd'hui et demain.

L'ampleur des possibilités d'exploitation, mais aussi l'ampleur des mesures nécessaires à la protection et à l'entretien exigent la coopération méthodique de l'industrie et de l'agriculture ainsi que celle de tous les citoyens et de leurs organisations sociales, sous la direction des organes d'Etat compétents pour le territoire donné.

C'est cette coopération, sur le plan de l'exploitation et de la protection des eaux, qui est le principe suprême régissant toutes les mesures dans le domaine de la protection et de l'aménagement de l'environnement en République Démocratique Allemande, afin de contribuer, dans ce secteur aussi, à l'élévation continue du niveau de vie matériel et culturel de la population.

Les tâches globalement énumérées sont spécifiées dans la Loi sur les eaux et dans les dispositions d'application qui s'y rapportent.

Les règlements économiques, notamment ceux concernant l'antipollution des eaux et l'exploitation rationnelle des eaux de surface et des eaux souterraines, déterminent comment les mesures visant à l'exploitation économique des eaux de surface sont stimulées à l'aide de la taxe sur l'utilisation de l'eau, et comment, grâce à la taxe sur les eaux usées, il existe une contrainte de respecter les limites fixées pour la charge des eaux sous forme d'eaux usées.

Le régime d'eau serré en R.D.A. nécessite de soigner judicieusement toutes les réserves d'eau et de les exploiter de façon économique. Afin de garantir l'utilisation prévue des ressources d'eau, les organes d'Etat sont autorisés à déterminer des zones d'eau protégées qui servent, en premier lieu, à assurer l'approvisionnement de la population en eau. Dans ces zones, les organes d'Etat peuvent statuer des limitations d'utilisation et des interdictions dont le but essentiel est de protéger l'eau contre les pollutions.

Dans ces zones, l'eutrophisation des eaux et sa réduction, respectivement son empêchement jouent un rôle extraordinairement décisif. Le fait que de telles zones d'eau protégées constituent des bassins versants des barrages utilisés pour le traitement d'eau potable, ou des régions de production d'eau potable, et qu'elles ne peuvent donc pas être fermées à la production agricole et forestière, rend nécessaire un grand nombre de mesures et de règlements pour faire face au danger d'eutrophisation.

Pour les bassins versants des barrages utilisés pour le traitement d'eau potable et pour les zones protégées utilisées pour la production d'eau potable, les organes d'Etat, après avoir consulté les exploitations agricoles et forestières, définissent des règles différenciées concernant l'exploitation du sol, la sélection et l'assolement des cultures, le soin des cultures existantes ainsi que l'utilisation de l'engrais et l'application de substances chimiques pour la protection des plantes. Dans ce complexe, la mise à disposition d'une eau de haute qualité est prioritaire par rapport à d'autres intérêts économiques dans ces territoires. Ce qui permet d'établir de tels règlements, c'est la propriété collective de la nature et de ses richesses ainsi que le développement proportionnel et planifié de tous les secteurs de l'économie nationale.

Ces deux conditions fondamentales existent en République Démocratique Allemande. Elles garantissent que les ressources d'eau, elles aussi, sont exploitées et traitées de façon durable et judicieuse.

Les méthodes qu'on applique dans l'agriculture et dans la sylviculture pour l'exploitation des zones d'eau protégées font l'objet de certains exposés et interventions dans le cadre de ce symposium.

Un autre aspect qui exige des règlements économiques dans l'intérêt de l'exploitation des eaux, c'est la conservation de sites protégés qui englobent des eaux stagnantes ou courantes, ou partie d'entre elles. Comme on ne trouve guère plus de nature vierge en Europe centrale, les réservations comprenant des eaux ont déjà été influencées et transformées par l'homme, à des degrés différents. Une intensification ultérieure de l'exploitation des eaux dans les réservations ou dans leur arrière-pays n'est possible que dans la mesure où les objectifs à caractère scientifique des réservations ne s'en trouvent pas entravés. Dans de tels cas, les stipulations et règlements doivent porter sur l'exploitation la plus effective que possible des richesses naturelles, tout en conservant et en développant systématiquement l'équilibre naturel des réservations, conformément aux exigences sociales qui découlent de la protection de la nature.

Souvent, ce n'est pas seulement le corps d'eau, mais encore la flore et la faune qui en font partie, et qui justifient la création d'une réserve. Mais c'est l'eau qui constitue l'élément principal du biotope et son exploitation et son entretien sont orientés de cette façon que les objectifs de la réserve soient atteints.

Ce ne sont là que quelques aspects des multiples exigences posées par la société au sujet des eaux et qui, pour être réalisées, nécessitent de grands efforts. Outre les conditions matérielles-techniques, il importe surtout d'éveiller et d'approfondir la compréhension pour les interactions entre les eaux et le reste du paysage, à laquelle peuvent contribuer des mesures dirigées sur le plan de la formation scolaire et universitaire, ainsi qu'un vaste travail d'instruction et de propagande dans l'opinion publique.

Tous ces principes sont définis dans la législation en

matière de protection de l'environnement et de la nature en R.D.A. La grande attention que le Parti et le Gouvernement accordent à ces tâches nous met en mesure de trouver également, dans la voie de l'édification continue de la société socialiste développée, des solutions toujours meilleures pour ces problèmes ayant trait à l'exploitation et à la protection des eaux.

LES EFFETS DE L'UTILISATION DE PRODUITS CHIMIQUES DANS L'AGRICULTURE SUR L'EUTROPHISATION DES EAUX.

S. WROBEL

Polska Akademia Nauk, Zakład Biologii Vod, Krakov
Pologne

L'utilisation de produits chimiques dans l'agriculture et leurs effets sur l'eutrophisation des eaux de surface étant un problème bien complexe, j'aimerais me borner à l'influence des engrais inorganiques sur le processus de l'eutrophisation.

La forte croissance démographique ainsi que la diminution des surfaces cultivées provoquent avant tout un accroissement de la production de denrées alimentaires.

C'est un problème qui concerne de nombreux pays y compris la Pologne, où moins de 0,5 ha seulement de terre arable sont disponibles par habitant. La Pologne qui intensifie son agriculture a appliqué plus de 170 kg de N P K par hectare.

La Pologne est un pays pauvre de ressources en eau. Seulement 1700 m³ d'eau y sont disponibles par an et par tête de la population. Ce qui est caractéristique pour les eaux polonaises, c'est le fort enrichissement de composés d'azote. Le rapport carbone minérale et azote sous forme minérale est inférieur à 10 et très similaire au rapport qu'on retrouve chez les algues. Cet enrichissement de substances nutritives entraîne une forte croissance des algues et ceci pas seulement dans les eaux stagnantes mais aussi dans les rivières. C'est ainsi que le nombre des algues dans la plus grande rivière polonaise (la Vistula) par exemple dépasse 290 mill. cellules par litre (RORUM, 1976). Les réservoirs construits auprès des rivières dans les Carpates reçoivent de grosses quantités d'azote et de phosphore (17 g N/m² . an ; 3,9 g P/m² . an d'après PLUŻANSKI, 1976).

L'agriculture exerce une influence sur les transformations chimiques et biologiques des eaux de surface. Son intensification renforce l'eutrophisation du sol qui, de sa part, est étroitement liée à l'eutrophisation des eaux.

(Des conclusions ont été remises le 20-9-76)