



FP 1107-75-03

EUTROSYM '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**

EUTROSYM '76

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

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

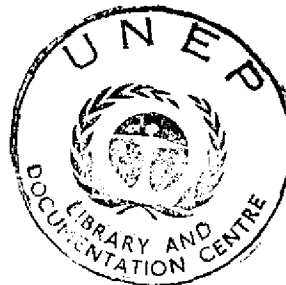
Organisateurs:

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

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

Vol. I, partie 2

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



Recommandations pour la protection des eaux de surface contre l'eutrophisation

I. Introduction

II. Recommandations du symposium

A. Propositions visant des mesures contre l'eutrophisation des eaux et des possibilités d'utilisation des eaux déjà eutrophisées

B. Propositions visant à améliorer la recherche, la formation et le recyclage professionnels ainsi que les activités de divulgation en matière d'eutrophisation

Annexe 1: Explications concernant les recommandations adoptées par le symposium

Annexe 2: Modèle d'un programme de formation dans le secteur de l'écologie (hydrobiologie)

V. I. P. 2

Recommandations pour la protection
des eaux de surface contre l'eutro-
phisation

adoptées par le

Symposium International sur l'eutrophisation et l'assainisse-
ment des eaux de surface - EUTROSYM '76 -

organisé en commun par

le Programme des Nations Unies pour l'Environnement et l'Insti-
tut pour l'Economie des Eaux auprès du Ministère de la Protec-
tion de l'Environnement et de l'Economie des Eaux de la Ré-
publique Démocratique Allemande

Karl-Marx-Stadt

20 - 25 septembre 1976

I. Introduction

1. Processus analogue au vieillissement naturel des lacs, au sens le plus large, l'eutrophisation, due aux activités humaines dans les bassins de réception, est l'alimentation accrue en substances nutritives, ce qui entraîne la production accrue d'algues et de plantes aquatiques supérieures. L'eutrophisation, due aux activités humaines, est devenue l'une des problèmes les plus importants auquel le monde doit faire face en matière de pollution des eaux.

2. Les origines se situent dans l'intensification progressive de la production agricole et industrielle, dans l'apport croissant en eaux ménagères qui polluent les eaux.

3. Les effets de ce développement sont les suivants:

a) l'eutrophisation diminue ou empêche l'utilisation rationnelle des ressources d'eau;

b) l'utilisation des eaux eutrophisées comme eau potable et eau industrielle ou pour les loisirs (piscines) devient de plus en plus coûteuse économiquement;

c) l'exploitation très importante de la pisciculture pour l'alimentation humaine est rendue plus difficile voire impossible;

d) la propagation d'agents pathologiques est accélérée;

e) les cours d'eau deviennent infranchissables, les canaux d'irrigation et de drainage ne fonctionnent plus;

f) la croissance excessive des plantes aquatiques contribue à l'envasement et à l'alluvionnement rapides des eaux.

4. Il en découle la nécessité urgente d'approfondir les connaissances des mécanismes et des relations variées existant entre les causes et les effets de l'eutrophisation, de généraliser ces connaissances, d'en faire découler des bases pour prendre des mesures pratiques contre l'eutrophisation et d'informer l'opinion publique sur ces problèmes.

5. Compte tenu de ce qui vient d'être constaté, le Symposium EUTROSYM '76 a été organisé du 20 au 25 septembre 1976 à Karl-Marx-Stadt, R.D.A., dans le cadre du Programme pour l'environnement des Nations Unies (P.N.U.E.). Les participants de 34 pays ainsi que les représentants des organismes du système de l'O.N.U. ont discuté les complexes suivants:

Complexe A: Les aspects économiques et sociaux de l'eutrophisation

Complexe B: Les mécanismes d'eutrophisation dans les eaux continentales, estuarières, eaux littorales et mers intérieures, les tendances et retards apportés à l'eutrophisation et à l'oligotrophisation ainsi que leur simulation

Complexe C: Mesures contre l'accroissement excessif des plantes aquatiques supérieures et du phytoplancton

Complexe D: L'utilisation des eaux eutrophisées et les technologies de leur assainissement

Complexe E: La formation et le recyclage professionnels

6. Les participants au symposium ont constaté ce qui suit:

a) Dans nombre d'Etats et au sein de nombreuses organisations internationales, on déploie de grands efforts afin de lutter contre les effets de l'eutrophisation. Les travaux d'étude et de recherche ont abouti à une série de résultats qui doivent être mis à profit systématiquement. La poursuite des recherches est nécessaire.

b) Dans certains pays, on accorde déjà une attention convenable aux problèmes de la formation, du recyclage professionnel et des relations publiques consacrées à l'eutrophisation.

c) Dans les Etats où l'industrialisation et l'intensification de la production suivent une courbe ascendante, il existe

des possibilités pour supprimer systématiquement les effets de l'eutrophisation et d'amorcer des mesures préventives à long terme contre celle-ci.

d) Dans certains pays, on organise la protection de l'environnement en matière d'eutrophisation en accord avec les conditions économiques et techniques. Dans d'autres pays, cela n'est pas le cas, raison pour laquelle des efforts supplémentaires doivent être déployés.

e) Compte tenu du niveau actuel des connaissances, il est possible de proposer des mesures visant à prévenir l'eutrophisation et à assainir les eaux compromises, y compris les activités de divulgation, la formation et le recyclage professionnel de spécialistes ainsi que des travaux de recherche.

f) De cette manière, le P.N.U.E. contribue également à la préparation de la Conférence des Nations Unies consacrée aux problèmes de l'eau, compte tenu de la résolution n° 3513 (XXX) du 15 décembre 1975, de la résolution de l'E.C.O.S.O.C. n° 1983 (LX) du 23 avril 1976 et de la recommandation n° 55 (IV) de la 4^e session du Conseil d'administration du P.N.U.E., du 13 avril 1976.

II. Recommandations du symposium

A. Propositions visant des mesures à prendre contre l'eutrophisation des eaux et des possibilités d'utilisation des eaux déjà eutrophisées

1. Création des bases légales (lois, standards, directives) pour l'abaissement du degré de trophie et pour la prévention de l'eutrophisation des eaux non encore eutrophisées par

- a) la réglementation de l'utilisation des eaux,
- b) la diminution de l'apport de substances nutritives,
- c) l'indication des réserves d'eau protégées et des sites protégés,
- d) l'utilisation optimale pour la pisciculture.

2. Développement de la coopération internationale, en particulier dans les domaines scientifique et technique ainsi que pour l'étude de projets visant à assainir les eaux de surface.

3. Admission de la surveillance de l'eutrophisation dans les systèmes nationaux de contrôle des eaux.

4. Choix des mesures préventives les plus favorables pour limiter l'apport de substances nutritives dans les eaux, compte tenu plus particulièrement des aspects suivants:

- a) écoulement des eaux usées des bassins de réception,
- b) élimination des substances nutritives par précipitation chimique, dénitrification ou opération biologique, comme mesure contre l'eutrophisation des eaux,
- c) élimination des substances nutritives dans les avant-barrages des barrages d'eau potable,
- d) élimination des substances nutritives par l'utilisation agricole d'eaux usées, suffisamment prétraitées,
- e) gestion agricole et sylvicole dans les bassins de réception, afin de maximiser l'utilisation et de minimiser le lavage des substances nutritives,
- f) protection spéciale des eaux qui sont chargées par des eaux usées de refroidissement.

5. Application de mesures appropriées d'assainissement dans les eaux eutrophisées en fonction des conditions locales, à savoir

- a) le dévasement,
- b) l'écoulement des eaux profondes particulièrement riches en substances nutritives,
- c) l'aération artificielle,
- d) la lutte contre les plantes aquatiques par des mesures écologiques inoffensives,
- e) la précipitation des substances nutritives dans les eaux et les couches sédimentaires,
- f) la modification des quantités débitées en vue d'améliorer le bilan des substances nutritives,

g) d'autres mesures telles que la régulation des stocks de poissons, l'élimination d'algues etc.

6. Mise au point de technologies efficaces pour le traitement de l'eau potable provenant des eaux eutrophisées, en observant les exigences hygiéniques.

7. Optimisation des dépenses consacrées à l'assainissement des bassins de réception destinés à la production d'eau potable, et aux procédés de traitement de l'eau potable, compte tenu des conditions régionales.

8. Perfectionnement des technologies pour l'obtention de bioproducts des eaux eutrophisées, par exemple, grâce à

a) l'utilisation réglementée d'organismes aquatiques pour l'alimentation des hommes et animaux, notamment la pisciculture;

b) l'utilisation des plantes aquatiques dans les eaux eutrophisées comme engrais ainsi que dans l'industrie et dans d'autres secteurs économiques.

B. Propositions visant à améliorer la recherche, la formation et le recyclage professionnels ainsi que les relations publiques en matière d'eutrophisation

9. Promotion des travaux d'étude et de recherche dans le domaine de l'eutrophisation.

10. Intégration accentuée de ces problèmes dans toutes les étapes de formation et de recyclage. Ils devraient être traités

a) dans le cadre de la formation dans les écoles d'enseignement général, comme aspect partiel de la protection de l'environnement dans l'enseignement de biologie et au sein des communautés de travail des organisations de la jeunesse;

b) dans le cadre de la formation professionnelle des futurs ouvriers qualifiés dans les usines de distribution d'eau, les laboratoires aquatiques, les stations d'épuration, dans l'inspection des eaux et de l'hygiène et dans la pêche;

c) dans le cadre des études supérieures ayant trait directement ou indirectement aux problèmes de l'eutrophisation, par exemple l'agriculture, la sylviculture, le bâtiment, l'aménagement des sites, l'économie, le droit, la chimie et la médecine;

d) en accordant un plus grand nombre d'heures à des cours spéciaux, des séminaires et des exercices dans les disciplines de formation pour la protection contre les polluants aquatiques, concernant p. ex. les techniciens et les ingénieurs diplômés en matière d'alimentation en eau, de traitement des eaux usées et d'économie des eaux, les ingénieurs de l'hygiène et de la santé publique, les hydrologues, les hydrochimistes et hydrobiologistes ainsi que les agrochimistes;

e) dans le cadre de la formation spéciale pour hydrobiologistes, hydrochimistes et ingénieurs diplômés en matière d'eau et dans le cadre de maîtrises et de thèses en maîtrises d'eutrophisation.

11. Intégration du problème d'eutrophisation dans le recyclage professionnel spécial. Ceci comprend:

11.1. L'organisation de séminaires spéciaux pour les régions d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine avec les points principaux suivants:

a) Lutte contre la croissance indésirable des plantes dans les eaux et dans les rizières (en rapport avec les problèmes épidémiologiques et parasitologiques de l'utilisation de l'eau potable et de l'eau des piscines);

b) Méthodes visant à déterminer la bioproduction et le bilan des éléments fertilisants des eaux, programme d'entraînement pour la saisie des processus d'eutrophisation dans le "Global Environmental Monitoring System" (GEMS).

11.2. Préparation de séminaires spéciaux pour la région européenne ayant comme points principaux:

a) la protection des eaux contre l'eutrophisation,

b) les problèmes de l'assainissement des écosystèmes des eaux eutrophisées.

11.3. Organisation de cours de qualification pour le personnel technique des usines de distribution d'eau avec utilisation de l'eau de surface et difficultés de traitement dues à l'eutrophisation ainsi que pour les contrôleurs d'épuration en vue de les initier au stade technologique de l'élimination des éléments fertilisants.

11.4. Organisation de symposiums et de conférences de perfectionnement scientifiques au niveau local (avec participation internationale) afin d'introduire aussi rapidement que possible les nouvelles connaissances en matière d'eutrophisation dans la pratique et d'encourager le perfectionnement des technologies d'assainissement des eaux.

11.5. Utilisation du recyclage professionnel des enseignants comme partie de l'élargissement planifié des programmes d'études dans le secteur de la protection de l'environnement.

11.6. Intégration de chargés de cours des universités dans les projets de recherche en matière d'environnement afin d'encourager l'unité de la recherche, de l'enseignement et de la pratique.

12. Planification et organisation de stages de perfectionnement et d'échanges d'expériences de courte durée par les sociétés scientifiques ainsi que les organisations non gouvernementales, en particulier les unions et associations d'ingénieurs, en ce qui concerne les questions spécifiques des technologies d'assainissement.

13. Education des hommes portant sur des comportements raisonnables dans la zone d'exploitation des eaux, développement de la disposition des organismes de planification et de gestion de l'économie ainsi que de la population à contribuer à l'aboutissement de mesures préventives et d'assainissement.

14. Compte tenu des particularités régionales, généralisation et introduction dans la pratique des lois objectives des mécanismes d'eutrophisation découvertes dans le cadre de la recherche.

15. Grâce aux relations publiques, diffusion des connaissances en matière d'eutrophisation afin de faire croître la compréhension des enchaînements économiques et écologiques. Les activités de divulgation devraient viser tout particulièrement ceux qui provoquent l'eutrophisation, ceux qui sont concernés ainsi que les responsables du management. On devrait mettre à profit dans cet ordre d'idées des publications scientifiques et les grands moyens d'information tels que les quotidiens, les périodiques, les expositions, les affiches, le cinéma, la radio et la télévision.

Symposium du P.N.U.E.
sur l'eutrophisation et l'assainissement
des eaux de surface
Karl-Marx-Stadt
République Démocratique Allemande
du 20 au 25 septembre 1976

Explications concernant les recommanda-
tions adoptées par le symposium

Sommaire

1. Introduction
2. Causes de l'eutrophisation
3. Suites et incidences indésirables
4. Protection préventive des eaux
5. Surveillance des eaux
6. Limitation de l'apport nutritif
7. Assainissement des eaux
8. Utilisation des lacs et barrages eutrophisés
pour la production d'eau potable
9. Travaux d'étude et de recherche
10. Nécessité de qualification
11. But de la formation et degré de qualification
12. Recyclage
13. Travail de divulgation

1. Pour la photosynthèse de la biomasse végétale sont notamment nécessaires, outre la lumière, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène, de l'azote, du phosphore ainsi que des oligo-éléments inorganiques et organiques. Les substances sont requises à un rapport quantitatif qui correspond à peu près à celui de la biomasse. En ce qui concerne les mesures visant à empêcher l'eutrophisation, les facteurs qui jouent un rôle limiteur de production sont les plus intéressants. D'après les connaissances actuelles, c'est le phosphore qui se présente fréquemment, mais aussi l'azote, en tant que facteur minimum, dans un secteur eutrophisé plus fortement.

Si 1 kg de phosphore arrive dans l'eau, il est théoriquement possible de faire la synthèse d'une biomasse de 123 kg, à l'état sec et d'une composition moyenne. L'apport de substances nutritives modifie la circulation naturelle de la matière et même à une bioproduction supplémentaire qui charge alors le régime de l'oxygène au cours des processus de décomposition, et est de nouveau disponible comme base de substance nutritive après la minéralisation des substances organiques.

2. L'augmentation du niveau des substances nutritives dans les eaux de surface en tant que cause de l'eutrophisation s'effectue par

a) l'enlèvement naturel des sols non-influencés;

b) l'apport dû aux précipitations. L'apport atmosphérique comme source de substances nutritives pour les eaux de surface est particulièrement significatif dans les régions où l'air est fortement pollué;

c) l'apport provenant d'eaux usées communales, industrielles et agricoles directement, par l'intermédiaire de canalisations, ou indirectement par des affluents (la teneur en phosphore dans les eaux usées communales se situe actuellement entre 5 et 20 g/m³, en fonction de la consommation d'eau des ménages, de l'industrie et de l'agriculture);

d) l'utilisation de détergents synthétiques à base de polyphosphates;

e) l'introduction de déchets concentrés provenant de la production animale industrielle, mais pour lesquels une mesure d'interdiction générale devrait être prise;

f) l'enlèvement de surface et le lessivage de substances nutritives sur les surfaces agricoles à engraissement intense. (Pour les différentes sortes d'exploitation agricole des terres, on indique aujourd'hui, pour les régions humides, les pertes suivantes en phosphore et en azote (en kg par ha et par an)):

	P	N
herbages	de 0,1 à 1,5	de 2 à 22
terres arables	de 0,6 à 2,5	de 20 à 149
terres en friche	de 0,7 à 3,3	de 33 à 185

A l'heure actuelle, les valeurs moyennes pour l'absorption des substances nutritives dans la production végétale sont indiquées à 50 % pour le phosphore et à 70 % pour l'azote. Les quantités restantes sont accumulées soit dans le sol ou s'écoulent dans les eaux:

g) le retour plus élevé de substances nutritives provenant d'organismes déperissants et de sédiments.

3. L'intensité de la circulation des matières varie en fonction du type des eaux, de leur situation géographique, des conditions climatiques régnant dans ces régions, des particularités géomorphologiques, géochimiques et hydrologiques.

En raison du caractère individuel de chaque écosystème formé par des eaux, il n'est pas encore possible de procéder à la quantification et au modelage généraux des complexes, des processus compliqués de l'eutrophisation et de leurs conséquences. Dans les régions tropicales et subtropicales de la Terre par exemple, des apports en substances nutritives d'une quantité beaucoup moins importante peuvent provoquer dans les eaux les mêmes effets, car les températures plus élevées aboutissent à une cir-

ulation plus rapide (turn over) et par conséquent à une bioproduction accélérée. Les séquelles de l'eutrophisation dans ces régions sont donc particulièrement graves.

L'eutrophisation des eaux peut avoir différentes suites et plusieurs incidences indésirables:

a) augmentation de la production de biomasse végétale planctonique, submergée ou émergée;

b) augmentation quantitative des rendements de poisson dans les eaux faiblement eutrophisées et, parallèlement, la diminution des ressources en poisson précieux qui demande des conditions favorables;

c) influence sur le photo-climat des eaux en raison des fortes quantités d'algues. Les algues planctoniques peuvent se limiter elles-mêmes dans la croissance en raison de l'ombre qu'elles produisent;

d) variations entre le jour et la nuit ainsi que d'importantes variations à long terme de la teneur en oxygène des eaux eutrophisées. Souvent, il se forme des zones anoxiques en raison de la présence d'hydrogène sulfuré dans l'eau et dans les couches sédimentaires, ce qui peut provoquer l'anéantissement du poisson;

e) accumulation des boues dans les eaux et alluvionnement de celles-ci par la biomasse végétale morte;

f) changement de la qualité et de la quantité de la circulation des matières. Si, dans une eau saine (oxique/aérobie), le sédiment possède un grand pouvoir de liaison pour les phosphates, il prendra le rôle de fournisseur de substances nutritives dans des situations anoxiques (anaérobies). Pour cette raison, les eaux compromises peuvent s'approvisionner elles-mêmes en substances nutritives même assez longtemps après l'arrêt de l'apport nutritif et l'opposition de l'oligotrophisation;

g) modification des espèces végétales et animales dans les eaux eutrophisées. Les algues utilisables dans la chaîne ali-

mentaire sont remplacées pour la plupart par des formes non utilisables;

h) mise en danger des eaux destinées à l'approvisionnement en eau potable des hommes et animaux ainsi qu'à la pêche;

i) mise en danger des nourrissons par l'absorption d'eau potable à forte teneur en nitrates;

Les changements des rapports écologiques dans les eaux provoqués par l'élévation du degré de trophie ont des conséquences sérieuses pour l'utilisation de l'eau, respectivement des eaux. Les plus importantes en sont les suivantes:

j) élévation des coûts occasionnés par le traitement des eaux de surface eutrophisées (eau potable et eau industrielle, en particulier pour le refroidissement) par l'utilisation de nouvelles technologies de traitement, en fonction de la qualité de l'eau requise (p. ex. filtration à micro-tamis, floculation, adsorption, désinfection);

k) réduction de la valeur récréative des eaux (p. ex. baignades réduites par la turbidité, les algues, les plantes aquatiques; aspects esthétiques);

l) réduction de la valeur de la pêche, perturbation des méthodes de pêche;

m) perturbation du fonctionnement des canaux d'irrigation et de drainage;

n) perturbation de la navigation;

o) aggravation de la situation parasitologique dans les eaux tropicales;

p) augmentation des coûts occasionnés par la mise en valeur de ressources supplémentaires en eau à basse teneur nitratique ou par l'élimination des nitrates grâce à des technologies de traitement;

q) pertes d'eau par l'augmentation de l'évaporation;

r) perturbation de l'utilisation de la puissance hydraulique.

4. La protection préventive des eaux, si elle est encouragée par des décisions législatives et administratives, est à long terme la mesure entraînant les moindres dépenses et le risque écologique le plus petit. On y compte:

a) la réglementation de l'utilisation de l'eau dans le cadre de la législation nationale sur les ressources en eau, p. ex. l'interdiction de l'introduction des eaux résiduaires ou autres et des utilisations favorisant l'eutrophisation;

b) aménagement de zones de protection autour des réservoirs d'eau potable et dans les bassins versants de ceux-ci ainsi qu'autour d'autres eaux qui doivent être strictement protégées (p. ex. les sites naturels protégés).

Dans le cadre des règlements s'appliquant aux zones protégées et des statuts d'utilisation, on prendra des dispositions économiques optimales pour l'utilisation territoriale des bassins versants (p. ex. agriculture, sylviculture, habitat, tourisme) et pour l'utilisation des eaux. Pour éviter des contradictions nous proposons les dispositions etc. dans le sens suivant:

- Dans l'agriculture, appliquer des méthodes de culture réduisant l'érosion et utiliser des engrais minéraux et organiques en fonction de la quantité, du moment et de la technologie, de façon à ne pas excéder la capacité de sorption des sols et à minimiser l'érosion et le lessivage et à maximiser l'utilisation des substances nutritives.

- Afin de diminuer le lessivage du NO_3 , utiliser de manière accentuée des inhibiteurs de nitrification et des engrais à effet lent (urée), améliorer l'utilisation de l'ammoniac par un surcroît d'autres substances nutritives et encourager l'utilisation d'engrais carboniques dont l'azote est libéré avant tout sous des températures élevées et par des bactéries lors de la période de végétation.

- Dans la sylviculture, il importe de garantir la protection des pentes contre l'érosion et d'éviter les déboisements.

- Le tourisme doit être organisé de façon à réduire au minimum les troubles de la qualité de l'eau.

- Le développement industriel doit se faire tel que les entreprises produisant des eaux de déchet ayant un effet d'eutrophisation ne soient pas implantées dans les bassins versants.

- L'utilisation par la pisciculture doit viser une absorption aussi complète que possible des substances nutritives naturelles et des apports en substances nutritives tout en intensifiant la pêche.

5. L'ample protection des eaux contre la pollution croissante, notamment l'eutrophisation grandissante, exige le contrôle régulier de l'état des eaux et des apports en eaux usées. Dans ce sens, il faut mettre en place et étendre des systèmes de contrôle nationaux et internationaux, y compris les administrations chargées de procéder à ces contrôles.

Pour cette raison, il importe

a) d'analyser une fois pour toutes l'ensemble des importantes eaux stagnantes, compte tenu des critères hydrographiques (profondeur, superficie, volume, stratification);

b) de contrôler la qualité de l'eau en fonction de critères uniques tels que la fréquence des mesures, la comparabilité des méthodes utilisées, la densité du réseau de mesures avec les points aux installations de clarification, dans les eaux courantes et stagnantes ainsi que dans les nappes d'eau souterraines;

c) d'intégrer dans le programme de mesures les critères suivants pour le contrôle du degré de trophie:

- paramètres physiques
température de l'eau, visibilité en profondeur, turbidité, conductivité, pH (vitesse de courant, temps de séjour de l'eau)

- paramètres chimiques
O₂, NH₄ - N, NO₃ - N, o - PO₄ (NO₂ - N, N total, P total, H₂S)

- paramètres biologiques
chlorophylle, biomasse, production primaire (¹⁴C ou méthodes des bouteilles claires et sombres), germination totale (test de toxicité en cas des algues toxiques), plancton (qualitativement);

d) mise au point de méthodes facilement applicables (mesures sur place);

e) encouragement planifié de la mémorisation rationnelle des données, de leur transmission et de leur traitement par ordinateurs, compte tenu de la structure du Système global de l'environnement (G.E.M.S.);

f) intensifier le contrôle automatique et la technique de télémessure (remote sensing) pour détecter et surveiller les pollutions;

g) maximiser la standardisation pour permettre la comparaison des résultats des mesures.

Compte tenu de la situation géographique et climatique regnant dans la structure industrielle, agricole, sylvicole, économique et démographique dans les différentes régions de la Terre, nous proposons de prendre des mesures efficaces en vue de limiter et d'empêcher l'eutrophisation et d'encourager l'oligotrophisation. Surtout lors des interventions restauratives dans les eaux, il importe de veiller au respect des critères de sécurité écologique.

6. Afin de limiter l'apport nutritif dans les eaux, les mesures suivantes ont été mises à l'essai et sont recommandées:

a) L'évacuation des eaux usées du bassin versant est la mesure la plus sûre pour la protection des eaux concernées. Elle sera la variante préférée si la situation locale le permet.

Les solutions techniques incluraient la canalisation circulaire autour du lac ou du barrage, avec évacuation vers les installations de clarification centrales, situées en aval, ou la dérivation des eaux usées dans d'autres bassins versants.

b) L'élimination de la majeure partie des substances nutritives contenues dans les eaux usées, notamment le phosphore et l'azote, avant la dérivation de celles-ci dans les eaux menacées, p. ex. par la précipitation chimique, la dénitrification, l'incorporation dans des algues ou des cultures macrophytes, par exemple dans les bassins de retenue qui ne sont pas très profonds.

Alors que par l'application des méthodes traditionnelles de clarification et de purification, mécaniques et biologiques, 10 à 25 % du phosphore total et 10 à 30 % de l'azote total sont éliminés, l'application du troisième degré de purification (précipitation chimique) permettra d'éliminer entre 90 à 95 % du phosphore total et entre 15 à 40 % de l'azote total. Les variantes qui s'offrent sont les précipitations primaire, simultanée ou secondaire, tandis que les sels de fer, d'aluminium et de calcium servent de précipitants. La commodité de l'étape mécanique et biologique pourrait rendre le traitement chimique des eaux usées plus économique.

c) Les grands barrages et bassins de retenue d'eau potable peuvent être protégés contre l'eutrophisation excessive par l'aménagement de barrages préliminaires destinés à éliminer les substances nutritives. En fonction du temps de séjour des eaux d'affluence, on pourra écarter du barrage terminal jusqu'à 60 % des phosphates amenés par leur incorporation dans la biomasse phytoplanctonique et bactérienne et par la sédimentation qui suit. Le débit peut être réglé par la mise en place de constructions artificielles dans le dessein d'accroître l'élimination des substances nutritives.

d) L'utilisation dans la production agricole des substances nutritives végétales contenues dans les eaux de déchet. Le vaste traitement des eaux usées par le fond, opéré pendant toute l'année et dans des conditions de sorption favorables des fonds, garantit l'élimination de plus de 90 % de phosphore et de plus de 80 % d'azote; c'est donc la méthode applicable aux quantités élevées d'eaux usées et aux déchets de l'agriculture (purin, lisier, liquides d'ensilage). Pour l'épandage ou l'arrosage en pluie il faudrait veiller aux facteurs suivants:

- l'épandage ne devrait pas se faire dans les zones protégées d'eau potable;

- le procédé se limiterait aux surfaces planes ou à faible dédivité, libres d'eau sous pression.

e) Le reboisement des surfaces agricoles qui sont caractérisées par un excès d'humidification ou un versant trop raide et, de ce fait, sont sujettes à un taux élevé d'enlèvement de substances nutritives.

f) L'optimisation du moment de l'engraissement en tant que mesure particulièrement efficace pour limiter l'enlèvement des substances nutritives sur les surfaces agricoles.

g) Interdiction d'épandre des engrais sur les sols gelés ou couverts de neige ou en-dehors des périodes de végétation.

7. Les mesures prises en vue d'assainir les eaux visent à l'oligotrophisation par l'approfondissement des eaux, la diminution des substances nutritives et de leur récupération dans les sédiments (avec détournement dans la zone des courants libres), la stabilisation ou la destruction de la stratification, l'amélioration du régime d'oxygène des eaux profondes et la réduction des substances nutritives dans les eaux.

En fonction des conditions locales, les mesures suivantes sont possibles:

a) Dévasement pour diminuer la quantité de substances nutritives dans les eaux et pour approfondir les eaux, utilisation de la vase comme fertilisant ou pour améliorer la structure du sol. Pour les petits fonds hautement eutrophes, ce procédé d'assainissement est le plus efficace.

En cas d'envasement fort épais, il faut garantir que la ré-mobilisation des substances nutritives ne soit pas trop importante.

Pour les lacs de petite et moyenne étendue, la profondeur d'eau doit atteindre au moins 7 mètres après l'évacuation des sédiments. L'utilisation des vases dans l'agriculture diminue les dépenses. Si la mesure doit avoir des effets durables dans les eaux, il faut éliminer les substances nutritives des eaux boueuses recyclées.

b) Evacuation des eaux profondes, riches en substances nutritives, des lacs et barrages, par voie de canalisations, et utilisation de l'eau évacuée, y compris les substances nutritives qu'elle contient, pour l'arrosage des cultures agricoles.

c) Aération des eaux profondes (air comprimé ou jet d'immersion) afin de faire croître la teneur en oxygène des eaux de l'hypolimnion sans destruction de la stratification thermique, dans le dessein d'augmenter la capacité de liaison des couches sédimentaires (phosphore), d'arriver à la précipitation du fer et du manganèse tout en conservant les basses températures nécessaires à la mise en valeur des ressources d'eau potable.

d) Déstratification par l'application du principe "air-lifting" avec l'avantage que l'ensemble de la superficie de l'eau est utilisé pour l'échange d'oxygène (inconvenient: engraissement interne).

e) Aération des surfaces, p. ex. par la mise en place d'aérateurs rotatifs, à turbines, à cylindres, en cascade, à injection ou sous pression ainsi que par le transport sérohydraulique

des eaux dans les petits fonds hautement eutrophes, dans le dessein d'utiliser ces eaux pour la pisciculture. En vue d'intensifier la pisciculture par l'utilisation de pellets comme fourrage dans les étangs et les installations à eau chaude, l'aération fait partie de la technologie normale.

f) Lutte biologique contre les plantes aquatiques supérieures et les algues par des animaux phytophages tels que *Ctenopharyngodon idella*, *Hypophthalmichthys molitrix*, Sirenidae ainsi que des espèces d'insectes infestés de parasites.

g) Lutte chimique contre les plantes aquatiques supérieures, et les algues en tenant strictement compte de la toxicité pour les animaux aquatiques et des autres effets secondaires.

Les groupes de substances actives inoffensifs sont avant tout les acides carboxyliques chlorurés aliphatiques, les herbicides auxiniques synthétiques (diquate, paraquate), certains triazines sélectionnés et herbicides d'urée. Non applicables sont l'aminotriazol à cause de ses propriétés cancérogènes, le Selest 100 (2,4-D + 2,4,5,-T) pour son action trop toxique contre les poissons et le diurone pour l'effet d'accumulation dans les poissons.

Le choix des alguicides, des herbicides et des dosages nécessaires se fera après consultation des utilisateurs des eaux (pêche, secteur des loisirs, hygiène et protection de la nature).

h) Une liaison nutritive biologique sur des plantes aquatiques supérieures et des algues qui devrait être nouée, de préférence dans les régions chaudes, à la récolte de la biomasse végétale comme fourrage pour l'amendement des sols, la production de cellulose, de biogaz et à d'autres fins économiques.

i) Précipitation des substances nutritives dans les eaux, par l'emploi de sels de fer ou d'aluminium, avec l'addition de farine d'argile. L'efficacité de cette méthode dépend décisivemement des conditions hydrographiques. Elle ne se prête pas pour les lacs hautement eutrophes et pour les fonds plats à

cause de la remobilisation du phosphore dans les couches sédimentaires.

j) Couverture des sédiments riches en substances nutritives par des matériaux inertes (p. ex. sable, argile, feuilles de plastique, etc.).

k) Assèchement temporaire des fonds plats pour densifier la vase.

l) Endiguement des fonds plats dans le dessein d'améliorer la qualité par une profondeur et un volume plus importants.

m) Changement des débits des lacs et barrages afin d'améliorer le bilan de substances nutritives (cours annexes, apport d'eau pauvre en substances nutritives).

8. L'utilisation des lacs et barrages eutrophisés pour la production d'eau potable répondant aux normes et aux standards hygiéniques est possible quand on se base sur les technologies de traitement actuellement disponibles, à condition que le degré de trophie ne soit pas supérieur à la limite maîtrisable. Dans l'intérêt d'une utilisation économique de l'eau, nous proposons:

a) de mettre à profit la capacité naturelle de liaison nutritive, compte tenu des possibilités existant pour le traitement des eaux;

b) d'optimiser l'ensemble des dépenses à des fins sanitaires dans les bassins versants et pour les mesures prises dans les eaux (p. ex. aération des eaux profondes) mise au point de technologies de traitement;

c) de mettre au point de nouvelles technologies et de perfectionner les technologies existantes de production d'eau potable à partir des lacs et barrages eutrophisés;

9. Pour prévenir plus efficacement encore les risques d'eutrophisation des eaux, il faudra engager, coordonner et poursuivre des travaux d'étude et de recherche.

Il est recommandé de reconnaître la priorité aux travaux d'étude et de recherche suivants:

a) recherches sur les questions de détail des mécanismes d'eutrophisation, p. ex. le rôle des oligo-éléments et des substances organiques;

b) recherches sur les procédés de propagation et de répartition des substances contenues dans l'eau;

c) détermination des limites de charge des écosystèmes (critical levels);

d) mise au point d'engrais chimiques dont l'absorption par les plantes est optimale, tandis que le degré de lessivage est le plus petit;

e) substitution du phosphore dans les détergents chimiques et dans d'autres produits de nécessité courante de la population;

f) perfectionnement des méthodes biologiques de lutte contre les plantes;

g) détermination de la sécurité écologique des mesures restauratives;

h) mise au point de nouvelles technologies et perfectionnement des technologies existantes en vue d'éliminer les substances nutritives dans les eaux usées;

i) régulation de la dénitrification microbienne dans l'infiltration des eaux souterraines et les eaux retenues;

j) mise au point d'équipements efficaces pour la lutte mécanique contre les macrophytes;

k) mise au point d'aspirateurs à injection d'eau pour l'épandage de limons détritiques fines;

l) perfectionnement des méthodes visant à l'utilisation économique de la production végétale des eaux eutrophisées;

m) perfectionnement des modèles mathématiques des processus d'eutrophisation avec pour but de mettre les connaissances acquises dans la recherche à la portée des organismes chargés de prendre les mesures qui s'imposent;

n) mise au point de nouvelles méthodes de mesure modernes.

Le coopération nécessaire sur une base multilatérale à l'échelle internationale, devrait disposer également d'un système moderne d'information. A cette fin, il faudra préparer et introduire une terminologie unique facilitant la compréhension générale. Le problème de l'eutrophisation devrait avoir une position prioritaire dans le cadre de l'International Reference System for Sources of Environmental Informations (I.R.S.).

10. La nécessité de qualification résulte de la complexité des processus d'eutrophisation qui exigent, pour leur compréhension, de vastes connaissances scientifiques, écologiques et économiques.

A cet effet sont nécessaires:

a) Observation des particularités régionales telles que le niveau de développement social et économique, les conditions climatiques et du sol ainsi que la nature des ressources d'eau.

b) Incorporation des problèmes d'eutrophisation dans tous les cycles de formation, partant de l'enseignement général, en passant par les écoles professionnelles et techniques ainsi que les grandes écoles, jusqu'au recyclage post-gradué.

c) Incorporation dans la qualification de disciplines d'intégration et de domaines limités.

d) Formation complémentaire par un travail de divulgation organisé systématiquement.

11. Le but de la formation et le degré de formation résultent du fait que les problèmes affectent de nombreux secteurs de l'économie politique sans toutefois être une sphère et une matière de formation autonome. A l'exception de la formation spéciale réservée à certains cadres dans les domaines de l'hydrobiologie, de l'hydrochimie, du traitement des eaux usées et de l'économie des eaux, la qualification se fait en règle générale dans le cadre d'autres disciplines de formation ou sous forme de discipline annexe.

Les programmes d'étude doivent tenir compte des problèmes particuliers existant dans les différentes régions de la Terre. Cela est vrai pour toutes les étapes de formation dans les écoles générales, professionnelles, techniques et supérieures ainsi que pour la formation post-gradué. En détail, on peut donner les recommandations suivantes:

a) Consacrer une plus grande attention à l'eutrophisation en tant que partie de la protection de l'environnement dans le cadre de l'enseignement des sciences naturelles dans les écoles générales. En plus, il est nécessaire que les communautés de travail spécialisés de l'organisation de la jeunesse procèdent à une éducation systématique. La jeune génération, support de la société de demain, est très intéressée à la solution des problèmes de la protection de l'environnement, y compris ceux de l'eutrophisation. Pour cette raison, les jeunes devraient acquérir à temps des notions fondamentales.

b) Intégrer les problèmes d'eutrophisation dans les programmes de formation d'ouvriers qualifiés pour les stations de distribution d'eau, de stations d'épuration, de laboratoires aquatiques, d'inspecteurs des eaux, de l'hygiène, de pêcheurs ainsi que pour les disciplines annexes.

c) Introduire les problèmes d'eutrophisation dans les programmes de formation des disciplines suivantes:

- sciences agricoles (production végétale et animale, amendement des sols)
- sylviculture et protection de la nature
- bâtiment (constructions hydrologiques, équipements techniques)
- aménagement des paysages
- économie (plan d'économie du territoire et planning de gestion)
- chimie
- technique des procédés (technique des procédés chimiques et biologiques)
- médecine (hygiène communale, pathologie).

d) Consacrer plusieurs cours aux problèmes d'eutrophisation dans le cadre de disciplines de formation pour la protection des eaux (conférences spécialisées, cours pratiques et séminaires). Parmi ces disciplines, mentionnons

- les techniciens et ingénieurs diplômés pour l'approvisionnement en eau, du traitement des eaux usées et de l'économie des eaux
- les ingénieurs de l'hygiène et de la santé
- les hydrologues
- les hydrochimistes
- les hydrobiologistes.

Pour les hydrobiologistes, les hydrochimistes, les ingénieurs diplômés du traitement des eaux usées et de l'économie des eaux, il faut prévoir une formation spécialisée plus poussée, y compris la rédaction de thèses d'examen (diplôme, dissertations) dans le secteur de l'eutrophisation. La forme la plus efficace est de grouper ces problèmes dans une discipline "Hydrobiologie technique" (cf. Annexe 2).

12. Afin de diffuser les nouvelles connaissances acquises en matière d'eutrophisation, il est important de donner la priorité au recyclage systématique des diplômés de l'enseignement supérieur ou technique travaillant dans ce secteur ainsi que du personnel technique (travailleurs dans les usines de distribution d'eau, les stations d'épuration, les laboratoires, inspecteurs des eaux). Les objectifs suivants de la qualification sont proposés:

a) Pour l'Afrique, l'Asie et l'Amérique latine:

- séminaire spécialisé: empêchement et suppression de la croissance indésirable des plantes aquatiques dans les eaux (canaux d'irrigation, bassins de retenue, cours d'eau), lutte contre les plantes aquatiques dans les rizières, compte tenu des problèmes épidémiologiques et parasitologiques de l'utilisation de l'eau comme eau potable et eau de piscine;
- séminaire spécialisé: méthodes pour la détermination de la productivité biologique et du régime nutritif des eaux; programme d'entraînement visant à intégrer les processus

d'eutrophisation dans le "Global-Environmental Monitoring System" (G.E.M.S.) et mesures visant à l'empêchement de l'eutrophisation.

b) Pour l'Europe:

- séminaire spécialisé: protection des eaux contre l'eutrophisation, compte tenu des différentes possibilités inhérentes aux régimes sociaux en ce qui concerne l'influence sur le développement du territoire;
- séminaire spécialisé: restauration des écosystèmes aquatiques compromis par l'eutrophisation.

Partant des fondements scientifiques du processus d'eutrophisation, les deux séminaires devraient tenir compte aussi de l'aspect économique global (analyses coûts-bénéfices, p. ex. production planctonique - assainissement et/ou dépenses supérieures dans la préparation de l'eau) ainsi que de la technique et de l'économie des méthodes de restauration des eaux. Sous forme de cours d'été, chaque séminaire spécial devrait se dérouler pendant 4 à 8 semaines. Pour faire les cours, on fera appel à des spécialistes réputés de la région concernée. Aux programmes seront inscrits 6 heures de cours par jour, puis 2 semaines de travaux pratiques en microscopie, en analyses modernes, y compris les méthodes d'interprétation, les conférences spéciales sur les objets de démonstration ainsi que les excursions et visites d'instituts de recherches et de leurs projets scientifiques. Si la composition des stagiaires l'exige, il faudra créer et réunir les conditions nécessaires pour la traduction simultanée des conférences dans, au moins, une ou deux langues officielles des Nations Unies.

c) Séminaires pour le personnel technique des usines hydrauliques utilisant les eaux de surface et portant sur les sujets suivants:

- Méthodes analytiques pour identifier la qualité et la condition de l'eau brute, y compris les exercices microscopiques pour déterminer les types de phytoplancton les plus importants
- Techniques de la filtration de plancton
- Dépendance de la nature de l'eau brute des processus fondamentaux du régime matière dans les eaux
- Importance de l'horizon de prélèvement dans les eaux stratifiées pour la production d'eau potable
- Principes métrologiques pour établir l'horizon de prélèvement optimal.

Les séminaires pour le personnel technique devraient être organisés sous forme de stages de 2 à 4 semaines et se faire dans la langue nationale.

d) Promotion des symposiums locaux (avec participation internationale), animés avant tout par des sociétés scientifiques. Deux symposiums sur l'eutrophisation, qui ont eu lieu récemment en R.D.A., peuvent servir d'exemple.

(1) Eutrophisation et protection des eaux

Symposium avec participation internationale, du 16 au 20 octobre 1973 au château de Reinhardtbrunn; langues de travail: allemand, russe, anglais (traduction simultanée). Pour de plus amples informations, cf. *Limnologica* (Berlin), n° 10/1976, cahier 2).

- Critères et mécanismes de l'eutrophisation
- Eutrophisation des étangs
- Eutrophisation des eaux courantes
- Eutrophisation des eaux côtières

- Influences de la structure et utilisation du bassin versant
- Principes prévisionnels des changements du régime matière dus aux apports variés de substances nutritives
- Effets de l'eutrophisation des eaux stagnantes sur les possibilités d'utilisation
- Mesures à prendre pour l'oligotrophisation de lacs et de barrages.

(2) Fondements scientifiques des facteurs de qualité dans l'économie de barrages et de réservoirs

Stage de perfectionnement, participation nationale, du 1^{er} au 3 octobre 1974 à Karl-Marx-Stadt, 100 participants (pour de plus amples informations, cf. Acta hydrochim. et hydrobiol. n° 3/1975, cahiers 5 et 6 ainsi que n° 4/1976, cahier 1). Des travaux pratiques de microscopie, ouverts au personnel technique, furent organisés dans un laboratoire d'hydrobiologie. Le programme de conférences comprenait entre autres:

- Qualités requises de l'eau brute destinée à la préparation d'eau potable
- Coûts et effets résultant des mesures d'assainissement dans les bassins versants des réservoirs d'eau potable par rapport aux coûts de la préparation d'eau potable
- Les processus les plus importants de la transformation et du transport de substances dans les réservoirs d'eau potable
- Possibilités et limites actuelles de la prévision du développement du phytoplancton dans les barrages et réservoirs
- Prévision de la teneur en oxygène dans les eaux profondes d'un barrage nouvellement construit, pour les premières années de retenue
- Modèle mathématique du changement de la nature de l'eau dans les réservoirs d'eau potable
- Aération des eaux profondes dans les réservoirs d'eau potable en vue d'éliminer le fer et le manganèse à l'état dissous

- Calcul de la capacité de rétention des substances nutritives aux avant-barrages et leur dimensionnement
- Bilan de l'apport des substances nutritives dans les réservoirs et réduction de celui-ci à l'aide de mesures d'assainissement et d'actions dans le domaine des facteurs de qualité de l'économie des eaux
- Caractéristiques chimiques de l'eau des réservoirs et leur dépendance de la structure et de l'utilisation du bassin versant
- Influence de pollutions inorganiques de l'air sur la nature de l'eau des réservoirs d'eau potable
- Influence de l'utilisation agricole des bassins versants sur l'apport de substances nutritives dans les réservoirs d'eau potable.

e) Organisation de stages de perfectionnement et d'échanges d'expériences sous le patronnage des organisations non gouvernementales (O.N.G.), en particulier des associations et des fédérations d'ingénieurs, sur les thèmes suivants:

- Technologies pour éviter ou réduire l'apport de substances nutritives dans les eaux
- Mesures techniques à prendre pour traiter les eaux usées riches en substances nutritives
- Mesures à prendre pour traiter les eaux menacées d'eutrophisation
 - aération des eaux
 - évacuation des eaux profondes
- Procédés de dévasement, y compris le traitement et l'utilisation des vases
- Précipitation des substances nutritives dans les eaux
- Problèmes de la protection anticorrosive
- Herbicides et alguicides

f) Explication des problèmes d'eutrophisation ainsi que de l'élargissement nécessaire des programmes d'étude dans le secteur de la protection de l'environnement dans le cadre du recyclage des enseignants.

g) Intégration systématique des professeurs d'écoles supérieures dans les travaux de recherche entrepris en matière de protection de l'environnement et tout particulièrement dans le secteur de l'eutrophisation. L'unité de la recherche, de l'enseignement et de la pratique doit garantir l'introduction rapide des résultats des travaux théoriques dans la protection active de l'environnement.

h) Mise à la disposition de places d'études pour les personnes désirant passer le diplôme ou soutenir la thèse de doctorat afin d'encourager sur le plan international la formation spécialisée relative aux problèmes d'eutrophisation dans les établissements de formation adéquats.

13. L'économie planifiée des quantités et de la qualité des ressources d'eau naturelles, au bénéfice et au bien-être des hommes, requiert, outre la formation et le perfectionnement spécialisés, un large travail de divulgation touchant toutes les couches de la population. Cela nécessite:

a) des publications à tous les niveaux (sciences spécialisées, sciences sociales, vulgarisation, etc.);

b) le concours des organisations non gouvernementales, en particulier des associations et des fédérations d'ingénieurs (par ex. la Chambre de la technique de la R.D.A.), mais aussi des sociétés savantes (par ex. la société de vulgarisation scientifique URANIA, R.D.A.) dans le travail de divulgation. La plupart du temps, les organisations non gouvernementales disposent des groupes de travail nécessaires ainsi que de leurs propres moyens de publication (périodiques, rapports annuels, séries de conférences, etc.) pour les campagnes d'explication. Ces moyens devraient être mis au service de la lutte contre les dommages dus à l'eutrophisation, de la promotion de nouvelles méthodes et technologies visant à éviter ces dommages et à lutter contre les conséquences de l'eutrophisation;

c) le développement du travail de divulgation sur la base la plus large et à tous les niveaux de la publicité et de l'information dans le dessein de donner les connaissances nécessaires en matière d'eutrophisation à ceux qui provoquent l'eutrophisation, à ceux qui en sont concernés ainsi qu'aux responsables de l'économie des eaux;

d) l'utilisation de journaux et de périodiques scientifiques ainsi que des grands moyens d'information tels que

- les quotidiens (en ce qui concerne les informations objectives recueillies par les journalistes lors de conférences de presse etc.)
- les hebdomadaires, illustrés, magazines etc. à caractère général
- les publications éditées à des fins d'explication en matière d'eutrophisation
- les journaux et conférences de vulgarisation scientifique
- les affiches, calendriers et autres brochures publicitaires et de vulgarisation
- les expositions et séries de diapositives
- la radio, le cinéma et la télévision