

CRITÈRES DE QUALITÉ DES EAUX POUR LES POISSONS D'EAU DOUCE EUROPÉENS

**Rapport sur l'effet de la pollution par le zinc et le cuivre
sur les pêcheries de salmonidés
dans un système fluvio-lacustre du centre de la Norvège**



**avec la coopération du
Programme des Nations Unies pour l'environnement**



**COMMISSION EUROPÉENNE CONSULTATIVE POUR LES PÊCHES DANS LES EAUX INTÉRIEURES
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE**

**COMMISSION EUROPÉENNE CONSULTATIVE POUR LES PÊCHES
DANS LES EAUX INTÉRIEURES**

Les documents de la CECPI sont publiés dans trois séries:

Rapport de la CECPI

Rapport de chaque session, publié en français et en anglais.

Document technique de la CECPI

Des documents scientifiques et techniques sélectionnés comprenant certains documents de travail présentés aux sessions de la Commission ou de ses sous-commissions. Publiés en français et en anglais.

Document occasionnel de la CECPI

Documents d'intérêt général pour la Commission, publiés dans la langue d'origine, soit en français, soit en anglais.

Secrétaire

Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures

Département des pêches

FAO

Via delle Terme di Caracalla

00100 Rome, Italie

RAPPORT SUR

L'effet de la pollution par le zinc et le cuivre sur les pêcheries
de salmonidés dans un système fluvio-lacustre du centre de la Norvège

préparé par

le Groupe de travail de la CECPI
sur la surveillance biologique

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE
Rome, 1977

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

M-45

ISBN 92-5-200296-0

Reproduction interdite, en tout ou partie, par quelque procédé que ce soit, sans l'autorisation écrite de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, seule détentrice des droits. Adresser une demande motivée au Directeur de la Division des publications, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, en indiquant les passages ou illustrations en cause.

© FAO 1977

PREPARATION DE CE DOCUMENT

L'historique de la préparation de ce document est exposé dans l'Introduction du rapport même. Le rapport fait partie d'un projet du Programme des Nations Unies pour l'Environnement exécuté en commun avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture comme institution coopérante. Il est publié dans la série des critères de qualité des eaux de la Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures car il apporte de nouvelles informations en ce qui concerne le cuivre et le zinc, confirmant (ou infirmant) les critères provisoires de qualité des eaux qu'ont exposés les documents: "Rapport sur le zinc et les poissons d'eau douce", Doc.Tech.CECPI, (21):25 p., 1973, et "Rapport sur le cuivre et les poissons d'eau douce", Doc.Tech.CECPI, (27):23 p., 1976, qui ont été préparés par le Groupe de travail de la CECPI sur les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Ce Rapport a été préparé par le Groupe de travail de la CECPI sur la surveillance biologique.

Distribution:

PNUE
Département des pêches de la FAO
Auteurs
Fonctionnaires régionaux des
pêches de la FAO
Sélecteur EI/F

Référence bibliographique:

Groupe de travail de la CECPI sur la
surveillance biologique (1977)
Doc.Tech.CECPI, (29):35 p.
Rapport sur l'effet de la pollution par le
zinc et le cuivre sur les pêcheries de
salmonidés dans un système fluvio-lacustre
du centre de la Norvège

Pollution effects. Inland fisheries.
Growth. Condition factors. Salmonidae.
Analytical techniques. Copper. Zinc.
Heavy metals. Norway.

Ce rapport fait partie d'un projet du
PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT
exécuté en commun avec
l'ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE,
comme institution coopérante
intitulé

L'Effet de la pollution par le zinc et le cuivre
sur les pêcheries de salmonidés
dans un système fluviolacustre du centre de
la Norvège

La FAO remercie de leur précieuse collaboration les experts-conseils: MM.

M. Grande (Institut norvégien de recherche sur l'eau), K.W. Jensen (Direction norvégienne de la faune sauvage et des poissons d'eau douce) et R. Lloyd (Ministère de l'Agriculture, Pêche et Alimentation, Londres)

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. Introduction	1
2. Description géographique	1
3. Poissons et pêcheries de la zone	2
3.1 Taux de croissance et "facteurs de condition"	2
3.1.1 Truite brune	2
3.1.2 Omble chevalier	3
3.1.3 En résumé	4
3.2 Statut de la pêche	4
3.3 Autres formes de vie aquatique dans le système fluvio-lacustre	4
3.3.1 Rivière Bjørraa	4
3.3.2 Rivière Langbekken	4
3.3.3 Lacs Ringvatnet et Hostovatnet	5
4. Analyse chimique de l'eau	5
4.1 Introduction	5
4.2 Méthodes d'échantillonnage et d'analyse	5
4.2.1 Stations de prélèvement	5
4.2.2 Fréquence des prélèvements	6
4.2.3 Techniques de prélèvement et méthodes d'analyse	6
4.2.4 Etat chimique du cuivre	6
4.3 Résultats	6
4.3.1 Composition chimique générale	6
4.3.2 Métaux lourds	7
5. Teneur des poissons en métaux lourds	8
6. Discussions	8
7. Conclusions	10
8. Remerciements	10
9. Références	10

1. INTRODUCTION

En 1964, la Commission européenne consultative sur les pêches dans les eaux intérieures (CECPI) a créé un groupe de travail, au titre d'un programme permanent de sa sous-commission III, qu'elle a chargé d'établir les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens, sur la base de l'analyse critique de la documentation traitant des effets déjà expérimentés des principaux polluants connus pour leur toxicité sur les poissons. Une série de rapports ont été ainsi publiés, qui constituent la synthèse des résultats des expériences en laboratoire sur les effets létaux et sublétaux des polluants spécifiques sur les poissons, ainsi que d'observations directes en milieu naturel. Bien que les données de réactions ichtyologiques à des polluants particuliers soient en général cohérentes et solidement fondées en conditions de laboratoire bien définies, par contre, on manque de données comparables pour les observations in vivo, lesquelles sont essentielles pour confirmer les tests in vitro et préparer des critères précis de qualité de l'eau. Les rapports traitant des effets du zinc (CECPI/T21, 1973) et du cuivre (CECPI/T27, 1976) sur les poissons d'eau douce ont souligné ces lacunes des observations en milieu naturel. On a reconnu en 1970 que de nouvelles données étaient nécessaires et, en 1973, un questionnaire a été distribué parmi les Etats membres de la CECPI, auxquels des renseignements étaient demandés sur l'existence d'emplacements se prêtant à l'étude des interactions entre le degré de pollution de l'eau et l'état des pêcheries, et où la pollution était provoquée par un ou deux polluants d'importance internationale. Il est apparu que la Norvège remplissait les conditions requises, car deux lacs communicants y sont alimentés par un cours d'eau pollué par des déchets de cuivre et de zinc, provenant d'exploitations minières antérieures.

Les études faites jusqu'ici en milieu naturel ont eu pour principaux défauts, d'une part de reposer sur un nombre insuffisant d'échantillons prélevés, d'autre part d'employer dans certains cas des méthodes d'analyse inappropriées. Ce dernier point est important pour le cas du cuivre, car selon les conditions du terrain, ce métal peut être lié à des complexes organiques solubles qui, sous cette forme, sont bien moins toxiques pour les poissons que les ions cupriques libres ou le carbonate de cuivre. Les méthodes courantes d'analyse mesurent d'habitude le cuivre total (dissous et lié à des solides en suspension) et, souvent, il n'est pas possible d'évaluer le potentiel de toxicité de telles concentrations sur les poissons. Etant donné l'intérêt que porte le PNUE au développement de programmes de surveillance de la pollution pour fournir des données adaptées aux nécessités de la protection de l'environnement, cette organisation a financé un projet d'un an de recherches sur les lacs pollués de Norvège, aux fins de produire des données qui permettraient de planifier d'autres programmes de surveillance, comme d'apporter de nouvelles informations en ce qui concerne le cuivre et le zinc, confirmant (ou infirmant) les critères provisoires de qualité des eaux qui ont exposés les documents CECPI/T21 et /T27.

Le programme a été exécuté par MM. K.W. Jensen (de la Direction norvégienne de la faune sauvage et des poissons d'eau douce - DVF), qui a surtout eu la charge des recherches sur les pêcheries, et M. Grande (de l'Institut norvégien de la recherche sur l'eau - NIVA), essentiellement responsable des prises d'échantillons et analyses chimiques. Le projet s'est déroulé sous le contrôle de membres du Groupe de travail sur les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens (Sous-commission III de la CECPI), à savoir MM. J.S. Alabaster (organisateur), D. Calamari (FAO) et R. Lloyd (rapporteur), en collaboration avec MM. K. Baalsrud et E. Snekvik.

2. DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE

Le lac Ringvatnet (lat. $63^{\circ}10'N$, long. $9^{\circ}33'E$, altitude 199 m, superficie $1,9 \text{ km}^2$) est situé en Norvège centrale, à environ 50 km au sud-ouest de Trondheim (Fig. 1). Les eaux de ce lac se déversent dans le lac Hostovatnet (d'une superficie de $2,9 \text{ km}^2$) qui se trouve légèrement plus en aval. Un petit barrage installé à l'exutoire du lac Hostovatnet règle le niveau de celui-ci qui peut être diminué de 1,50 m pour les besoins d'une centrale hydro-électrique.

EIFAC/T29

La superficie du bassin versant, mesurée au déversoir du lac Ringvatnet est d'environ 27,5 km² et, à l'exutoire du lac Hostovatnet d'environ 40 km². Les lacs sont entourés par endroits de terres de culture, mais la plus grande partie du bassin est plantée de forêts de conifères et de quelques peuplements de feuillus. Géologiquement, la zone se compose de roches basiques d'épanchement avec quelques schistes verts.

Les deux lacs sont oligotrophiques: le lac Hostovatnet est peu profond, souvent de moins de 5 m, le Ringvatnet est plus profond, atteignant par endroits plus de 25 m. Le temps de rétention des eaux dans le lac Ringvatnet est d'environ 6 mois, de 4 mois dans le lac Hostovatnet. Les deux lacs sont pris par les glaces de novembre à la mi-mai.

Le plus important des tributaires est le Bjørraa qui sort du petit lac de Bjørtjønna, puis passe à travers deux autres, le Gruvedammen et le Malisetertjønna, avant d'entrer dans le Ringvatnet. Le Gruvedammen est divisé en deux par une petite chaussée: la partie d'amont est très polluée de cuivre et de zinc par les eaux usées provenant des mines abandonnées de Drogset. L'extraction du cuivre y avait commencé en 1867; auparavant, la rivière Bjørraa était la principale frayère des truites du lac Ringvatnet. Les opérations minières ont continué jusqu'en 1909 et, selon les cultivateurs du lieu, tous les poissons avaient alors disparu de la Bjørraa et aussi de la partie méridionale du lac Ringvatnet. Quelques années après qu'ait cessé l'extraction du cuivre, la truite et l'omble chevalier ont commencé de réapparaître dans le sud du lac.

3. POISSONS ET PECHERIES DE LA ZONE

Les biefs supérieurs de la Bjørraa, du lac Bjørtjønna à la partie sud du Gruvedammen, contiennent des populations denses de petite truite brune (Salmo trutta L.). La partie nord du lac Gruvedammen, le lac Malistetertjønna et le reste de la Bjørraa sont complètement dépourvus de poissons. Les deux lacs Ringvatnet et Hostovatnet ont des populations de truite brune, d'omble chevalier (Salvelinus alpinus L.) et d'épinoche à trois épines (Gasterosteus aculeatus L.).

Le temps imparti à la mission ne lui a pas permis de faire un recensement quantitatif des populations ichtyologiques des deux lacs. Cependant, en se basant sur les taux de croissance et la condition des espèces présentes, on a pu déterminer l'état des populations du point de vue halieutique et en évaluer aussi le potentiel.

3.1 Taux de croissance et "facteurs de condition"

3.1.1 Truite brune

L'âge et la croissance ont été calculés par examen des écailles, sans correction pour différentes allométriques entre le développement des écailles et la longueur des poissons. Le Tableau 1 donne un résumé des résultats. La lecture des écailles a posé quelque difficulté et l'on ne saurait affirmer que les chiffres obtenus soient exempts d'erreurs. Comme il est de règle avec la truite brune, les sujets d'un même lac présentent des différences de taille considérables, probablement dues en grande partie au nombre variable d'années que la truitelle passe dans les rivières d'alevinage avant de pénétrer dans le lac.

Dans les deux lacs, la croissance des truites est bonne, sans être exceptionnellement rapide, et les poissons continuent de grandir même bien au-delà de 10 ans d'âge: occasionnellement, la truite lacustre atteint ou même dépasse 2 à 3 kg. La croissance a été plus rapide en 1976 qu'en 1968 et, pour ces deux années, le taux a été plus rapide dans le lac Ringvatnet que dans le Hostovatnet. Par comparaison avec des truites d'autres lacs de cette région de Norvège, les taux de croissance sont au-dessus de la moyenne.

Chez les truites lacustres norvégiennes, le taux de croissance dépend beaucoup en général de la densité de la population, laquelle varie elle-même selon le recrutement de la mortalité. Pour les deux lacs étudiés ici, les deux rivières qui pourraient être les meilleures

frayères sont inutilisables: la Bjøraa parce qu'elle est extrêmement polluée par le cuivre et le zinc, l'exutoire du lac Hostovatnet dans la rivière Vorma parce qu'il est fermé par un barrage. Le recrutement est donc trop faible pour provoquer la surpopulation.

De l'examen de leur estomac, il résulte que les truites se nourrissent essentiellement d'épinoches: là où celles-ci sont abondantes, la croissance des truites est généralement bonne. Toutefois, les épinoches sont des hôtes intermédiaires de parasites de la truite, qui, dans les deux lacs, est fortement infestée par un cestode (probablement Diphyllobotrium dendriticum Nitsch), vraisemblablement transmis par les épinoches dont elle se nourrit.

Dans le lac Hostovatnet, on a trouvé une truite femelle de 6 ans qui avait pondu l'automne précédent: c'est la plus jeune et la plus petite femelle (environ 27 cm de long au moment du frai) que l'on ait prélevée comme échantillon dans les deux lacs. Il semble que les femelles de ces deux lacs n'atteignent pas habituellement la maturité sexuelle avant d'avoir 30 à 35 cm de long, ou plus.

Comparée à de nombreuses autres populations truitières de cette région de Norvège, la chair de celles-ci est de bonne qualité. Dans les deux lacs, les truites au-dessus de 23 à 24 cm ont une chair de couleur rose à rouge.

La condition de la truite est généralement caractérisée par un facteur \underline{k} , égal au quotient du poids par le cube de la longueur. Les valeurs de \underline{k} de tous les poissons examinés ont donc été calculées d'après la formule:

$$k = \frac{100 \underline{w}}{1^3}$$

où \underline{w} est le poids en grammes, \underline{l} la longueur totale en centimètres. Les résultats figurent au Tableau 2. Si la forme et le poids spécifique d'une truite ne changent pas au fur et à mesure de sa croissance, \underline{k} aura une valeur constante durant toute la vie de l'individu. Dans les populations trop denses, les plus grands et plus vieux poissons seront souvent allongés ou maigres et, au-dessus d'une certaine longueur, la valeur de \underline{k} décroîtra avec l'augmentation de la taille. Au contraire, dans les populations clairsemées des truites lacustres où la nourriture est abondante, la valeur de \underline{k} augmentera en général avec la taille. Comme les longueurs des truites n'étaient pas réparties normalement, la relation entre \underline{k} et \underline{l} a été testée pour les trois échantillons avec le test de corrélation non paramétrique de Kendall (Sokal et Rohlf, 1969). Dans l'échantillon de truites du lac Hostovatnet, aucune corrélation n'a été trouvée entre \underline{k} et \underline{l} . Les échantillons de truites du lac Ringvatnet ont donné une corrélation positive entre \underline{k} et \underline{l} ($t_g = 1,90$, $P = 0,057$).

3.1.2 Omble chevalier

Le Tableau 3 donne les taux de croissance de l'omble chevalier dont l'âge a été déterminé d'après une double lecture des otolites et des écailles, toutes deux difficiles à analyser. Il y a donc des possibilités d'erreurs dans le report des âges; toutefois, il n'est pas douteux que le taux de croissance est bon, meilleur que dans beaucoup d'autres lacs norvégiens à ombles. L'omble grandit plus vite dans le lac Ringvatnet que dans l'Hostovatnet. Il est aussi beaucoup moins parasité que la truite dans les deux lacs, probablement parce qu'il ne se nourrit pas autant d'épinoches: les analyses d'estomac ont montré que ces poissons s'alimentent en majorité de crustacés planctoniques. Le Tableau 2 donne la valeur moyenne du facteur de condition de l'omble dans le lac Hostovatnet, avec une importante corrélation négative entre \underline{k} et \underline{l} ($t_g = 3,49$, $P = 0,0004$), qui n'est pas anormale chez l'omble des lacs norvégiens.

L'omble pond dans les lacs. D'après les cultivateurs locaux et nos propres observations, les frayères se trouvent en eau peu profonde (1 à 2 m) le long des rives, mais les poissons évitent la zone autour du débouché de la Bjøraa dans le lac Ringvatnet.

EIFAC/T29

3.1.3 En résumé

La condition et la croissance de la truite comme de l'omble ne semblent pas anormales dans aucun des deux lacs; la densité de la population et les parasites apparaissent comme les deux facteurs les plus importants pour s'opposer à la croissance.

3.2 Statut de la pêche

Ce sont les cultivateurs propriétaires des terres autour des lacs qui détiennent les droits de pêche. La plupart, mais pas la totalité se sont groupés en une association qui vend des permis de pêche sportive dans les lacs, au prix de 15 N.Kr. par jour, 30 N.Kr. par semaine et 50 N.Kr. pour l'année. Il y a deux bateaux qui sont loués 3 N.Kr. l'heure, mais les pêcheurs amateurs utilisent en général leurs propres embarcations. Au total, la vente des permis de pêche et la location des bateaux produisent autour de 3 000 à 5 000 N.Kr. par an. En 1976, la vente des permis a donné 3 550 N.Kr., la location des bateaux 750 N.Kr.

Au moment du dégel en mai, la pêche au filet maillant en eau peu profonde est très bonne dans les deux lacs, et l'on prend des truites brunes comme des ombles. Mais cela ne dure que quelques jours, après quoi les prises diminuent rapidement. A la fin du printemps et en été, on pêche à la canne et aux lignes (y compris à la traîne et à la cuiller), sauf deux personnes qui pêchent l'omble avec des filets maillants flottants. En automne, la pêche au filet maillant rend bien de nouveau pour la truite et l'omble; elle se continue à un rythme ralenti jusqu'à novembre, quand les lacs sont complètement pris sous la glace. En hiver, la pêche à travers des trous dans la glace se pratique beaucoup, avec des totines ou des hameçons eschés: on prend presque essentiellement des ombles.

Les captures totales annuelles dans les deux lacs ne sont pas connues, mais d'après les renseignements recueillis, le rendement serait pour les deux lacs d'environ 3 à 4 kg par hectare et par an, moyenne excellente pour la pêche à la truite et à l'omble dans les lacs norvégiens. Les meilleures données ont été recueillies auprès d'un des cultivateurs qui a enregistré tous les jours ses prises, depuis mars 1969, dans le lac Hostovatnet. Les chiffres du Tableau 4 ont été calculés d'après cette source.

En résumé, bien qu'on ne dispose pas de données quantitatives sur la taille des populations de truite et d'omble dans ces lacs, il semble que ceux-ci soient considérés comme excellents pour la pêche sportive.

3.3 Autres formes de vie aquatique dans le système fluvio-lacustre

La recherche sur la biologie générale des lacs et rivières du système étudié n'était pas un des objets de cette enquête. Toutefois, quelques observations ont permis de se faire une idée d'ensemble des conditions biologiques. Le Tableau 5 donne les résultats des prélèvements.

3.3.1 Rivière Bjørraa

Dans sa partie inférieure, juste avant d'entrer dans le lac, le cours de la Bjørraa est constitué de petites mares et de ruisselets d'eau claire coulant au-dessus d'un lit de sable et de pierres de différentes tailles, partiellement recouvert d'une couche mince d'hydroxyde de fer. La faune aquatique était extrêmement pauvre: les prélèvements avec un filet à main n'ont donné que 2 larves de Chironomidés, 2 autres de Trichoptères et 1 d'Ephéméroptères - groupes qui sont plus résistants que les poissons à la pollution par le zinc et le cuivre. Aucun autre animal aquatique n'a été trouvé.

3.3.2 Rivière Langbekken

Vers son débouché dans le lac, cette petite rivière est constituée d'un courant d'eau claire coulant à travers de petites mares et ruisselets; son lit est surtout composé de sable

propre, de petites pierres et de gravier. Les échantillons de faune de fond ont révélé une population normale contenant 120 spécimens de larves de Plécoptères, 65 larves d'Ephéméroptères, 97 de Chironomidés, 24 de Simulidés et un petit nombre d'autres animaux aquatiques. Des poissons, également, ont été vus.

3.3.3 Lacs Ringvatnet et Hostovatnet

D'une manière générale, il y a peu de différences entre les deux lacs, que ce soit du point de vue morphométrique ou biologique. La description que nous donnons ci-après vaut donc pour les deux:

Près des berges, le lit des lacs est constitué surtout de pierres et de sable; en certains endroits, toutefois, il y a également une couche plus épaisse de matière organique qui n'est que partiellement minéralisée. Le long des rives, la végétation relativement éparse se compose d'Equisetum fluviatile, de Nymphaea alba et de Menyanthes trifoliata.

Les échantillons de phytoplancton recueillis en juin et août ont été relativement maigres, aussi bien quantitativement que par le nombre d'espèces présentes. Les groupes les plus importants étaient les cyanophytes Oscillatoria sp., l'algue verte Gloecystis gigas et la diatomée Synedra cf. tenera. Dans le zooplancton, assez abondant, dominait comme espèce le copépode Cyclops scutifer. Était également présent le phyllopoïde Bosmina longispina; par contre, les copépodes Diaptomus denticorinis et Heterocope saliens étaient assez rares. Parmi les rotifères, Kellicottia longispina et Polyarthra vulgaris étaient abondants. Les prélèvements à 1, 2 et 4 m de profondeur en août ont montré que la faune, à cette époque de l'année, est pauvre et composée surtout de chironomides: c'est dans le lac Ringvatnet qu'on a enregistré la plus grande densité avec 3 200 spécimens trouvés au mètre carré à 1 mètre de profondeur. On a également recueilli quelques larves d'oligochètes et de tricoptères. L'absence apparente de mollusques et de crustacés peut être l'indice d'une forte pollution par le cuivre, mais les échantillons ont été insuffisants pour permettre des conclusions définitives.

4. ANALYSE CHIMIQUE DE L'EAU

4.1 Introduction

Il avait d'abord été décidé de faire des analyses de "routine" du pH, de la conductivité, de la dureté de l'eau, du carbone organique, du cuivre, du zinc et du fer. Puis, le manganèse a été introduit plus tard dans le programme et l'on a procédé, de plus, à l'analyse d'autres caractéristiques de l'eau de manière à obtenir la mesure de sa qualité générale.

4.2 Méthodes d'échantillonnage et d'analyse

4.2.1 Stations de prélèvement

Les stations de prélèvement d'échantillons ont été reportées sur la carte de la Fig. 1. Les stations A, B et C sont situées en amont de la zone minière principale: seule, la petite rivière au point A peut être influencée occasionnellement par le lessivage de quelques dépôts au voisinage des anciens chantiers de la mine.

Le petit lac de Gruvedammen reçoit les eaux de la plus grande partie de la zone minière: la station D, par conséquent, est le point le plus fortement pollué du système hydrologique. A la station E, l'eau est quelque peu diluée par un tributaire vierge de pollution; quant à la station 1, la concentration des polluants a été mesurée juste avant que la Bjøråa pénètre dans le Ringvatnet. La station 2, sur la rivière Langbekken, a été choisie pour connaître les valeurs générales de la région en métaux lourds.

Les stations R1-9 et H 1-16 sont situées respectivement sur les lacs Ringvatnet et Hostovatnet, comme on peut le voir sur la carte de la Fig. 1. Les exutoires de chaque lac sont représentés, respectivement par les stations 4 et 5.

EIFAC/T29

4.2.2 Fréquence des prélèvements

Un sondage général a été effectué le 18 juillet 1975, jour où des prélèvements ont été faits dans un grand nombre de stations du système, de manière à obtenir une indication de l'ampleur de la pollution en divers emplacements, ainsi qu'à différentes profondeurs dans les lacs.

Le programme de prélèvements de routine a commencé le 12 octobre 1975 et s'est terminé le 27 août 1976. Il avait été prévu que la prise d'échantillons aurait lieu tous les 14 jours mais, en raison des conditions hivernales extrêmement dures, il a été impossible de suivre ce calendrier et aucun échantillon n'a été prélevé entre le 10 décembre et le 30 janvier.

4.2.3 Techniques de prélèvement et méthodes d'analyse

Les échantillons pour analyse des métaux lourds ont été recueillis dans des fioles de 25 ml, spécialement lavées et acidifiées à l'acide azotique. Pour les autres analyses, les échantillons étaient recueillis dans des bouteilles de polyéthylène. Les prélèvements dans les lacs ont été effectués au moyen d'une bouteille de Ruttner.

Le Tableau 6 décrit brièvement les méthodes d'analyse utilisées, donne les limites de détection et indique les unités de mesure employées pour le programme de routine. Les analyses de métaux lourds autres que le zinc ont été effectuées par spectrophotométrie, sans flamme, d'absorption atomique (SAA); le zinc a été analysé à la SAA avec flamme. Les méthodes de prélèvements et d'analyse dont on s'est servi pour les métaux lourds sont celles utilisées au NIVA (Henriksen et Balmér, 1977): des résultats sûrs ont été obtenus à des teneurs proches des limites de détection. L'intervalle à 95 pour cent de fiabilité pour les différences entre les écarts-types de paires d'échantillons, pris dans 38 localités norvégiennes, figure au Tableau 7. Deux échantillons pour analyse ont été prélevés dans chaque station et conservés en bouteilles séparées (Henriksen, Balmér et Wright, 1976).

Dans cette étude, les résultats d'analyse des métaux lourds ont une limite inférieure de 1 µg/l pour le cuivre, 0,05 µg/l pour le cadmium et de moins de 10 µg/l pour le zinc.

4.2.4 Etat chimique du cuivre

Un échantillon d'eau a été prélevé dans le lac Ringvatnet le 6 juillet 1976 et soumis à ultrafiltration pour déterminer jusqu'à quel point le cuivre était lié dans l'eau à des substances humiques. On a utilisé à cet effet une cellule Amicon à ultra-filtration avec filtres UM2 et UM10, lesquels retiennent les substances de poids moléculaire supérieur, respectivement, à 1 000 et 10 000. Des expériences antérieures, il résulte qu'un filtre UM10 laisse passer moins de 10 pour cent des substances humiques naturelles solubles dans l'eau (Gjessing, 1976). Les ions cupriques liés à des complexes de poids moléculaire élevé seront donc retenus par le filtre, tandis que les ions "disponibles" (ions libres, ou ions liés à de petites molécules) passeront avec le filtrat. Dans chaque expérience, on a filtré un échantillon de 500 ml, sous une pression de 4,5 atm de N₂, jusqu'à ce qu'il reste 50 ml. Les concentrations de cuivre ont été mesurées à la SAA. La concentration de cuivre "disponible" a été déterminée directement dans le filtrat, tandis que celle du cuivre lié à des substances humiques a été calculée d'après la teneur du reliquat d'échantillon dans la cellule, avec corrections pour la présence du cuivre "disponible".

4.3 Résultats

4.3.1 Composition chimique générale

Les données de l'étude initiale faite le 18 juillet figurent aux Tableaux 8 et 9, tandis que les Tableaux 10 et 11 montrent les résultats des analyses non comprises dans le programme de routine. Ces dernières figurent dans les Tableaux 1A-9A de l'Annexe.

Dans les deux lacs, l'eau avait une teneur relativement faible en solides en suspension les valeurs de turbidité moyenne étant de 0,7 JTU. Sa couleur était jaune-brun pâle, avec une valeur colorimétrique de 46 mg pt/l dans le lac Ringvatnet, un peu plus basse dans l'Hostovatnet (39 mg pt/l)^{1/}. La seule détermination de la valeur du permanganate, faite en juillet 1975, a donné 2,8 mg d'O₂/l. La couleur, les hautes valeurs colorimétriques et les basses valeurs de turbidité indiquent que la plus grande partie de la matière organique est probablement présente à l'état de complexes humiques.

Les eaux des lacs ont pour pH une valeur moyenne de 7 environ, qui ne baisse qu'au moment de la fonte des neiges au printemps, où elle atteint environ 6 pour les eaux de surface. La teneur minérale est plutôt basse et la conductivité a une valeur d'environ 60 µS/cm. La dureté de l'eau a une valeur moyenne de 19,0 et 17,4 mg/l en CaCO₃ pour le Ringvatnet et l'Hostovatnet, respectivement; les fluctuations semblent relativement faibles. La teneur en d'autres substances minérales comme le sodium et le potassium a donné des valeurs moyennes d'environ 3,6 et 0,50 mg/l, respectivement, pour les deux lacs; la teneur en manganèse était d'environ 23 µg/l. Les concentrations de chlorure et de sulfate étaient respectivement de 6,3 et 4,7 mg/l.

Les nitrates et le phosphore total ont été trouvés en concentrations d'environ 50 et 11 µg/l de N et de P, respectivement, ce qui indique un léger enrichissement d'éléments fertilisants dû aux activités humaines et agricoles dans la zone du bassin versant. On a obtenu une estimation approximative de la biomasse des algues planctoniques par analyse de la chlorophylle a: les valeurs moyennes étaient d'environ 4,6 µg/l dans les lacs durant la période juin-août 1976, indiquant une production algale plutôt basse.

L'oxygène dissous a été mesuré le 17 mars 1976 dans les deux lacs, à une époque où ses valeurs sont normalement au point le plus bas dans les lacs norvégiens. Les données figurent au Tableau 12: les valeurs supérieures à 9,7 mg d'O₂/l, trouvées dans les 15 mètres supérieurs des lacs, indiquent une faible demande d'oxygène en hiver.

4.3.2 Métaux lourds

Les résultats des analyses de métaux lourds figurent dans les Tableaux 1A-9A de l'Annexe. La Fig. 2 représente les teneurs en zinc et en cuivre de l'eau en différentes stations du système. En amont du petit lac Gruvedammen, cette teneur est basse, à l'exception de quelques valeurs élevées dans la rivière en A, qui peut être parfois contaminée par les écoulements sur des dépôts miniers. Les valeurs moyennes du zinc et du cuivre dans le Bjørtjøna (B), respectivement inférieures à 10 et à 6,5 µg/l, peuvent être considérées comme générales pour la région. Dans la rivière Langbeldien (2), les concentrations pour le zinc et le cuivre ont été trouvées inférieures à 10 et à 4,3 µg/l, similaires à celles trouvées ailleurs en Norvège dans les cours d'eau non pollués et qui peuvent donc, également, être tenues pour des valeurs générales. Les plus fortes concentrations de métaux lourds se produisent au débouché du lac de Gruvedammen: en juillet 1975, elles étaient de 1 550 µg de Zn/l et de 1 040 µg de Cu/l. Plus en aval, les concentrations diminuaient, par précipitation et dilution: les plus fortes observées dans la Bjøraa, avant qu'elle se jette dans le Ringvatnet, étaient de 294 et 169 µg/l pour le zinc et le cuivre, respectivement.

La distribution en percentile des concentrations de cuivre et de zinc trouvées dans la rivière Bjøraa et dans le lac Ringvatnet est reproduite sur la Fig. 3: la répartition semble normale.

Les valeurs moyennes trouvées pour le zinc et le cuivre dans le Ringvatnet ont été de 88 et 43 µg/l, respectivement, et de 77 et 38 µg/l à son exutoire. Le lac Hostovatnet contenait des concentrations moindres de zinc et de cuivre, dont les valeurs moyennes respectives

^{1/} Les teneurs en matière organique, mesurées comme carbone organique, ont été de 5,4 et 4,3 mg de C/l dans les deux lacs, respectivement

EIFAC/T29

étaient de 44 et 22 µg/l dans le lac, mais de 51 à 24 µg/l à la sortie. Les analyses de cadmium ont donné des concentrations proches de 0,56 et 0,47 µg/l, respectivement dans les lacs Ringvatnet et Hostovatnet. La concentration de plomb mesurée en une seule occasion a été de 1 et de 2 µg/l dans chacun des deux lacs, respectivement.

Le Tableau 13 donne les résultats des analyses faites sur un seul échantillon soumis à ultra-filtration, comme il est dit au paragraphe 4.2.4. Aucune différence significative n'a été trouvée entre les résultats des deux types de filtres.

Bien que les résultats des analyses aient indiqué qu'environ 86 % du cuivre était lié à des substances humiques et autres micro-particules, il a été trouvé une concentration totale de cuivre d'environ 31 µg/l pour les échantillons filtrés à l'UM2, contre 42 µg/l dans le prélèvement d'origine. Il semblerait qu'une proportion sensible du cuivre ait été absorbée jusqu'à l'appareil de filtration, mais l'état originel du cuivre n'est pas connu. Si tout le cuivre était "disponible", le total de pourcentage "lié" serait de 63 %; s'il était en partie "disponible" et en partie "lié", le total "lié" serait dans ce cas compris entre 63 et 86 %.

5. TENEUR DES POISSONS EN METAUX LOURDS

Le Tableau 14 donne les teneurs en cuivre et en zinc des poissons de la rivière Bjøraa et des deux lacs. On voit qu'il y a de grandes différences dans les données, mais celles-ci sont trop peu nombreuses pour autoriser une analyse statistique rigoureuse. De telles variations ont été trouvées dans d'autres études similaires. Par conséquent, dans tout programme de surveillance, il faut sans doute analyser un grand nombre de poissons pour pouvoir démontrer la présence de concentrations notablement supérieures aux valeurs générales.

6. DISCUSSIONS

Les rapports techniques T21 et T27 de la CECPI ont présenté des propositions provisoires pour des concentrations maximales de percentile 95 pour le zinc et le cuivre, respectivement, au-dessus desquelles les pêcheries seraient contaminées. Les valeurs interpolées, pour ces concentrations maximales, en tenant compte de la dureté de l'eau analysée dans cette enquête, figurent dans le Tableau 15, où elles sont comparées aux concentrations correspondantes de cuivre et de zinc trouvées dans les eaux polluées, et sans poisson, de la rivière Bjøraa et des lacs Ringvatnet et Hostovatnet.

Les valeurs de la CECPI pour le zinc s'appliquent à la truite brune; pour le cuivre, elles tiennent compte de la présence de complexes organiques solubles.

Il est certain que les teneurs de la rivière Bjøraa en zinc et en cuivre dépassent considérablement les valeurs de la CECPI: ces teneurs combinées sont 8,6 fois plus élevées que les normes proposées, à supposer que les toxicités du zinc et du cuivre s'ajoutent à ces taux. Les concentrations de cuivre et de zinc dans les lacs Ringvatnet et Hostovatnet, qui contiennent l'un et l'autre de bonnes pêcheries, dépassent aussi la norme CECPI du zinc en combinaison avec les concentrations de cuivre, puisqu'elles sont respectivement 1,9 et 1,2 fois supérieures aux limites proposées. La surestimation apparente de toxicité si l'on se base sur les valeurs données dans les rapports de la CECPI, peut s'expliquer par plusieurs facteurs.

Dans CECPI/T27, on suppose que, en présence de substances humiques dans les eaux douces, un tiers seulement du cuivre peut se trouver sous une forme toxique pour les poissons. Les études faites parallèlement à ce projet indiquent que jusqu'à 86 pour cent du cuivre peut être présent sous forme de complexes organo-métalliques et qu'il est possible que 14 pour cent, seulement, du cuivre présent dans les lacs le soit sous une forme toxique pour le poisson. Cela modifierait considérablement les rapports donnés dans le Tableau 15: pour le cuivre, le rapport deviendrait respectivement 2,3, 0,8 et 0,5 pour la rivière Bjøraa, les lacs Ringvatnet et Hostovatnet; quant au total zinc et cuivre combinés, il serait respectivement de 5,4, 2,0 et 1,2. Un second facteur à considérer est de savoir si le poisson des lacs

s'adapte aux concentrations existantes de zinc et de cuivre. On sait que la truite brune fraie dans des cours d'eau non pollués et n'émigre dans le lac que bien plus tard. Il semble établi que cette espèce peut s'acclimater à des concentrations de zinc et de cuivre plus élevées que les normes proposées par la CECPI. Toutefois, la truite brune réussit sa ponte dans la rivière Vormå, en aval de l'exutoire du lac Hostovatnet, où la teneur en métal est identique à celle trouvée dans le lac. De même, les ombles chevaliers qui se reproduisent dans les deux lacs y passent le cycle entier de leur vie. La CECPI n'a pas tenu compte dans ses normes de la possibilité d'acclimatation, parce que des valeurs aussi élevées de polluants pourraient agir comme une barrière aux migrations.

Un troisième facteur dont il faut tenir compte est la distribution en percentiles des concentrations de cuivre et de zinc autour de leur valeur moyenne. Les populations de poissons peuvent être affectées par des concentrations moyennes ou faibles de polluants, mais, plus probablement, elles sont limitées par de hautes concentrations sporadiques pouvant persister suffisamment longtemps pour devenir toxiques. Les observations faites sur les cours d'eau pollués indiquent que la distribution des concentrations de polluants peut être log-normale avec des valeurs de percentile 95 environ 4 fois plus élevées que celles de percentile 50: cela est perçu dans les valeurs limites du cuivre données pour ces valeurs de percentile dans CECPI/T27. Cette relation prévoit que la valeur de percentile 99 (obtenue sur un total de 3 jours et demi en un an) serait 1,75 fois la valeur de percentile 95. Dans la rivière Bjørraa, les lacs Ringvatnet et Hostovatnet, toutefois, la distribution des concentrations était normale, avec des valeurs de percentile 95 pour la rivière Bjørraa et le lac Ringvatnet qui n'étaient que 1,38 fois la valeur de percentile 50. Avec cette distribution, la valeur de percentile 99 était seulement 1,1 fois celle de percentile 95, ce qui implique que les pointes sporadiques ne seraient pas si élevées par rapport aux valeurs de percentile 95 que celles obtenues là où la distribution est log-normale. Il est possible que les petits lacs sur le cours de la Bjørraa aient servi de tampon pour freiner les concentrations de pointes sporadiques: les grands lacs Ringvatnet et Hostovatnet, avec leur longue période de rétention des eaux, auront certainement agi de cette façon.

Il y a encore deux autres considérations dont il faut tenir compte. La présence d'autres polluants peut être un facteur de complication. Des études récentes ont montré qu'un précipité récent d'hydroxyde de fer peut être toxique pour les poissons aux concentrations supérieures à 3 mg/l. Les eaux de décharge dans la Bjørraa, en provenance de la zone minière, sont acides: à la station D, le pH était de 4,7 le 18 juillet, il atteignait 6,5 à la station E et 7,0 à la station 1. Les concentrations de fer étaient respectivement de 1,45, 0,77 et 0,45 mg/l, le lit de la rivière était partiellement revêtu d'une fine couche de précipité d'hydroxyde de fer. Aucun dépôt de ce genre n'a été observé autour des deux lacs. Toutefois, la Bjørraa ne contenait pas de poissons jusqu'à son embouchure dans le lac et, plus en aval, l'effet du précipité d'hydroxyde de fer était sans doute faible.

Des concentrations mesurables de cadmium et de plomb ont été également trouvées dans les lacs, mais ici encore, ces concentrations sont probablement inférieures aux valeurs limites pour ces métaux.

Autre facteur de complication: il se peut que les valeurs maximales de percentile 95 pour le zinc et le cuivre, données dans CECPI/T21 et /T27, soient des teneurs qui ne produisent pas d'effet et que les toxicités combinées des métaux à ces niveaux soient moins que cumulatifs: en fait, ils peuvent agir indépendamment. C'est un point qui est justiciable de nouvelles recherches.

L'acclimatation des poissons et la distribution des concentrations peuvent expliquer l'existence de bonnes pêcheries dans les lacs Ringvatnet et Hostovatnet, à des teneurs en zinc et en cuivre légèrement supérieures aux normes CECPI/T21 et /T27. Toutefois, les normes doivent y être très proches des vraies valeurs limites, attendu que:

EIFAC/T29

(a) le rapport combiné (percentile 95 CECPI/percentile 95 mesuré) était respectivement de 2,0 et 1,2 pour le lac Hostovatnet et le lac Ringvatnet;

(b) la rivière Bjøråa n'a pas de poisson avec un total de 5,4;

(c) les ombles chevaliers évitent pour leur frai le débouché de cette rivière dans le lac.

Ceci implique que les teneurs en zinc et en cuivre à partir desquelles les pêcheries commencent d'être touchées peuvent être seulement légèrement supérieures à celles trouvées dans le lac Ringvatnet.

7. CONCLUSIONS

Des études entreprises à l'occasion de ce projet, les résultats acquis entraînent trois déductions. En premier lieu, ils montrent que les critères proposés par le zinc et le cuivre dans les documents CECPI/T21 et /T27 ne sont pas entachés d'erreur grave et que la surestimation apparente de la toxicité peut s'expliquer par la distribution des concentrations de métaux lourds, par une combinaison de matière organique soluble avec le cuivre, plus élevée que prévu enfin par une acclimatation des poissons. Les études effectuées en Norvège renforcent l'importance qui doit être donnée à la mesure des états chimiques des substances polluantes toxiques pour les poissons; la réglementation contre la pollution par le cuivre, basée sur l'analyse du cuivre total, pourrait être inutilement draconienne dans le cas où une partie importante du cuivre serait présente sous forme de complexes cupro-organiques solubles, non toxiques. Ceci souligne donc la nécessité, dans les programmes de surveillance, comportant des tests de toxicité sur certaines espèces, d'utiliser des techniques d'analyse qui permettent une estimation précise de l'incidence du degré de pollution trouvé sur l'environnement. Enfin, il est indispensable d'identifier avec précision le mode de distribution des concentrations de polluants trouvées sur le lieu du prélèvement: ce qui entraîne la fréquence des prises d'échantillons sur une période donnée (cf. Montgomery et Hart, 1974).

8. REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à exprimer leur reconnaissance à Mme Merete Johannessen, qui a exécuté l'analyse du cuivre par ultra-filtration, à M. Vikte Olsen, qui nous a autorisé à utiliser ses données de 1968 sur la truite et nous a aidés en pêchant à l'électricité, et à M. et Mme Knut, M. Sandvik, M. Ola J. Hoston, M. Johan Vaala et bien d'autres résidents de la région qui nous ont aimablement assistés à l'occasion du projet.

9. REFERENCES

- EIFAC/T21, European Inland Fisheries Advisory Commission, Working Party on Water Quality
1973 Criteria for European Freshwater Fish. Report on Zinc and Freshwater Fish. FAO
- EIFAC/T27, European Inland Fisheries Advisory Commission, Working Party on Water Quality
1976 Criteria for European Freshwater Fish. Report on Copper and Freshwater Fish. FAO
- Gjessing, E., Physical and chemical characteristics of aquatic humus. Ann Arbor, Mich.
1976 Ann Arbor Science Publishers Inc., 120 pp.
- Henriksen, A., Automation in analytical chemistry, Vol. 1. New York, Medial Incorporated,
1966 1967:568-72
- Henriksen, A. et K. Balmér, Sampling, preservation and storage of water samples for analysis
of metals. Vatten, 33: (sous presse)
- Henriksen, A. et A.R. Selmer-Olsen, Automatic methods for determining nitrate and nitrite in
1970 water and soil extracts. Analyst, 95:514-81

- Henriksen, A. et I.M. Bergmann-Paulsen, An automatic method for determining sulphate in natural soft water and precipitation. Vatten, 30:187-92
1974
- Henriksen, A., K. Balmér et R. Wright, Tungmetaller i små norske innsjøer. Norwegian Institute for Water Research. Int. rep. B2-20, 1976:55 pp.
1976
- Montgomery, H.A.C. et I.C. Hart, The design of sampling programmes for rivers and effluents. Wat.Pollut.Control, 73(1), 77-101
1974
- Murphy, J. et J.P. Riley, A single-solution method for the determination of soluble phosphate in sea water. J.mar.biol.ass.U.K., 37:9-14
1958
- Sokal, R.R. et F.J. Rohlf, The principles and practice of statistics in biological research. Freeman and Co., San Francisco, 776 pp.
1969

Tableau 1
Calcul à rebours de la longueur de la truite brune à chaque année d'âge

Lac et année de capture	Age	No.	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂
L. Ringvatnet 1968	3+	2	3,6	9,9	14,7									
	4+	6	3,4	8,0	12,7	18,4								
	5+	19	4,0	8,7	14,2	19,4	24,9							
	6+	16	4,3	8,9	13,6	19,5	25,4	30,5						
	7+	3	3,9	9,3	14,3	18,4	22,6	28,3	33,0					
	8+	1	4,4	8,1	14,1	17,0	22,5	28,6	35,0	39,1				
	3+	2	4,3	11,2	25,2									
	4+	20	4,9	9,8	16,1	27,1								
L. Ringvatnet 1976	5+	17	4,6	9,4	14,2	21,2	29,6							
	6+	3	4,6	8,3	13,1	18,0	26,5	34,3						
	8+	1	3,1	7,2	12,8	19,9	27,4	32,4	36,1	39,2				
	12+	1	3,8	8,1	13,0	20,7	26,4	31,4	36,8	41,8	45,2	49,4	53,3	56,7
	3+	1	2,8	6,7	16,0									
	4+	8	3,9	8,2	13,3	19,3								
L. Hostovatnet 1968	5+	19	3,5	8,3	13,5	18,6	24,3							
	6+	17	3,3	8,3	12,7	17,7	22,5	27,4						
	7+	25	3,6	7,7	12,0	16,9	22,4	26,3	30,8					
	8+	4	3,7	8,1	12,1	17,7	22,2	27,1	31,3	34,4				
	9+	1	3,8	8,6	12,2	-	21,7	27,0	31,9	36,4	38,1			
	4+	3	4,8	9,7	13,8	24,4								
	5+	7	4,6	9,1	15,6	22,6	30,1							
L. Hostovatnet 1976	6+	5	3,6	7,0	11,6	17,1	23,0	29,4						
	7+	3	5,2	9,3	13,7	19,3	24,1	30,0	33,5					

Tableau 2

"Condition" des truites et des ombles chevaliers des lacs

Lac	Espèces	Date	N	Fourchette de longueur	Facteur k			CV
					Fourchette	Moyenne	Erreur type de moyenne	
L. Ringvatnet	Truite	31.5-1.6 1976	45	23,6-56,7	0,80-1,09	0,902	0,0117	8,6
L. Hostovatnet	Truite	1.6.76	18	24,4-34,6	0,81-1,10	0,942	0,0164	7,4
L. Hostovatnet	Ombles cheval.	3-5.7.76	60	25,4-36,1	0,84-1,04	0,938	0,0066	5,4

Tableau 3

Longueurs moyennes de l'omble chevalier à différents âges

Lieu	Age	Nombre	Fourchette de longueur	Fourchette
L. Hostovatnet	4	12	25,4-28,6	26,9
	5	27	26,1-30,6	27,9
	6	10	27,6-30,2	28,8
	7	6	29,2-36,1	32,7
L. Ringvatnet	3	2	24,5-27,7	26,1
	4	7	27,8-30,8	29,2
	5	6	29,1-31,2	29,8
	6	2	34,1-37,0	35,6
	7	1		36,2
	8	1		35,2

EIFAC/T29

Tableau 4

Données des captures et de l'effort de pêche (Lac Hostovatnet)

Filets maillants mouillés sur le fond:

Période	Effort	Nbr d'ombles	Nbr de truites	Poids total	Poids/effort
Mai-69	28	47	20	14,8	0,53
" -70	14	12	40	14,5	1,04
" -71	8	9	27	9,8	1,23
" -72	12	18	15	8,3	0,69
" -73	12	5	48	14,4	1,20
" -74	12	6	55	15,0	1,25
" -75	16	3	18	5,1	0,32
Total:	102	100	223	81,9	0,80
Automne-69	4	3	24	6,7	1,68
" -70	12	4	26	8,6	0,72
" -71	4	9	3	2,9	0,73
" -72	16	5	61	18,9	1,18
" -73	10	1	23	6,3	0,63
" -74	12	1	23	6,0	0,50
Total:	58	23	160	49,4	0,85

Filets maillants flottants:

1969	50	368	10	74,9	1,50
1970	24	85	8	21,0	0,88
1971	82	449	4	97,3	1,19
1972	30	248	17	55,8	1,86
1973	53	417	21	99,9	1,88
1974	42	400	15	97,8	2,33
1975	22	80	8	35,0	1,59
Total:	303	2 047	83	481,7	1,59

Tableau 5

Prélèvements biologiques dans le système fluviolacustre du Ringvatnet (1976)

Type d'échantillons	Méthode employée	Lieux de prélèvement			
		Bjóraa (1)	Langbekken (2)	Ringvatnet	Hostovatnet
Phytoplankton	Filet à main (mailles de 25 μ) halé en surface			4 juillet 27 août	4 juillet 27 août
Végétation riveraine	Echantillons à la main			27 août	27 août
Zooplankton	Filet à main (250 μ) et drague de fond			4 juillet 27 août	4 juillet 27 août
Invertébrés de fond	Filet halé à la main (à mailles de 95 μ) de 8 m de profondeur jusqu'à la surface	17 juin	17 juin	27 août	27 août

EIFAC T/29

Tableau 6

Méthodes chimiques et biochimiques d'analyse d'échantillons d'eau
la dureté de l'eau est calculée en fonction de Ca et de Mg et donnée
en mg de CaCO₃/l

Paramètres	Limites de détection	Unités	Méthode ou appareil d'analyse
pH	-	-	Appareil Orion, modèle 701
Conductivité	-	µS/cm	Philips PW 9501
Carbone organique total	0,2 mg/l	mg C/l	Océanographie internationale et oxydation au persulfate, analyse de CO ₂ au spectrophotomètre IR
KMnO ₄ -nombre	0,5 mg/l	mg O/l	Oxydation au permanganate Titration manuel
Couleur	5 mg/l	mg Pt/l	Photomètre filtre, filtre 601. Echelle de couleurs Hazen
Turbidité	-	JTU	Turbidimètre Modèle 2100A
Phosphate-ortho	2 µg/l	µg P/l	Auto-analyseur (1)
Phosphore total	2 µg/l	µg P/l	" " oxydation du phosphate-ortho
Nitrate	10 µg/l	µg N/l	" " (3)
Azote total	10 µg/l	µg N/l	Oxydé U.V. et analysé en NO ₃
Sulfate	0,2 mg/l	mg SO ₄ /l	Auto-analyseur (4)
Silicate	0,2 mg/l	mg SiO ₂ /l	" " (2)
Chlorure	0,2 mg/l	mg Cl/l	" " (2)
Calcium	0,01 mg/l	mg Ca/l	Abs. atomique. Perkin-Elmer Modèle 306
Magnésium	0,001 mg/l	mg Mg/l	" "
Sodium	0,01 mg/l	mg Na/l	" "
Potassium	0,01 mg/l	mg K/l	" "
Zinc	10 µg/l	µg Zn/l	" "
Manganèse	1 µg/l	µg Mn/l	Abs. atomique. Perkin-Elmer Modèle 300 SG, cellule à graphite HGA 72
Cuivre	1 µg/l	µg Cu/l	" "
Cadmium	0,05 µg/l	µg Cd/l	" "
Plomb	0,5 µg/l	µg Pb/l	" "
Fer	10 µg/l	µg Fe/l	Auto-analyseur. Méthode TPT2
Oxygène	0,1 mg/l	mg O ₂ /l	Méthode Winkler modifiée
Chlorophylle <u>a</u>	1 µg/l	µg C.A./l	Spectrophotométrie. Trichrométrie

1. Murphy et Riley (1958); 2. Henriksen (1966) 3. Henriksen et Selmer-Olsen (1970);
4. Henriksen et Bergmann-Paulsen (1974)

Tableau 7

Intervalles à 95 % de fiabilité pour l'écart-type des différences
entre les valeurs obtenues par paires d'échantillons

Intervalle de fiabilité à 95 %	Zn: 3,1-4,9	Cu: 1,6-2,4	Pb: 0,6-0,9	Cd: 0,10-0,16
--------------------------------	-------------	-------------	-------------	---------------

Tableau 8

Analyse chimique des échantillons des lacs Ringvatnet/Hostovatnet
et des cours d'eau tributaires (18 juillet 1975)
Pour les nos. des stations, voir la Fig. 2 - Les échantillons R 1 à 9
et H 1 à 16 sont pris à 1m de profondeur, sauf indications contraires

No. de la station	pH	Conductivité µS/cm	KMnO ₄ -no. mg O/1	Carbone organique total mg C/1	Ca mg/1	Mg mg/1	Cu µg/1	Zn µg/1	Fe µg/1
1	7,0	56	1,8	2,0	10,2	1,3	174	350	450
4	7,3	46	2,8	3,5	6,5	0,9	38	75	125
5	7,1	46	2,8	3,5	5,6	0,9	22	50	25
D	4,7	114	2,2	2,5	10,8	2,4	1040	1550	1450
C	6,9	47	4,0	6,0	8,1	0,7	19	25	650
E	6,5	53	0,6*	3,5	6,4	1,0	260	460	775
R1	7,0	48	3,6	5,0	6,4	0,8	38	70	125
2	7,2	50	3,0	5,5	6,4	0,9	38	70	125
3	7,2	47	2,2	4,5	6,7	0,8	38	70	125
4	7,2	48	2,5	4,0	6,4	0,9	41	70	125
5	7,2	48	2,8	4,0	6,4	0,9	46	95	125
5 (10 m)	7,2	48	1,6	3,5	6,4	0,8	42	90	75
6	6,9	49	3,1	5,0	6,5	0,9	51	90	125
6 (10 m)	6,8	48	3,2	3,5	6,4	0,8	38	80	100
7	6,9	48	3,6	5,0	6,5	0,9	42	75	125
8	7,2	47	2,0	4,5	6,7	0,9	232*	400*	125
9	7,2	48	2,4	4,0	6,4	0,9	43	85	125
H1	7,2	45	3,4	3,5	5,9	0,8	21	40	75
2	7,2	45	3,0	3,5	5,9	0,8	24	50	75
3	7,2	45	3,8	3,0	5,7	0,8	22	45	50
4	7,2	44	2,7	3,0	5,7	0,8	33	70	75
4(10 m)	6,9	43	2,8	3,0	5,7	0,8	21	60	25
5	7,2	45		3,5	5,9	0,8	22	60	75
7	7,1	45	2,3	4,0	5,9	0,8	40	80	75
8	7,2	44		3,5	5,9	0,8	39	75	75
8 (10 m)	6,8	45	3,0	3,0	5,7	0,8	32	70	25
9	7,2	45	3,3	3,5	5,7	0,8	31	60	75
10	7,1	45	2,9	4,5	5,9	0,8	33	75	75
11	7,2	45	2,8	3,5	5,9	0,8	22	50	25
12	7,0	46	3,2	3,5	5,9	0,8	22	50	50
12 (10 m)	6,8	44	3,6	3,0	5,9	0,8	28	65	50
13	7,2	45	2,9	3,5	5,9	0,8	35	80	75
14	7,1	45	2,3	4,0	6,0	0,8	27	60	50
15	7,1	45	2,6	3,5	5,9	0,8	21	50	75
16	7,3	46	2,4	3,5	5,7	0,8	27	80	75

* Valeurs anormales, non utilisées dans le calcul des valeurs moyennes

Tableau 9

Résumé des analyses chimiques de l'eau des lacs Ringvatnet et Hostovatnet, 18 juillet 1975

Valeurs moyennes, fourchettes, écarts-types (ET) et nombre d'analyses à 1 mètre de profondeur

Lieu de prélèvement	pH	Conductivité µS/cm	KMnO ₄ -no. mg/l	Carbone organique total mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Fe µg/l
Moyenne	7,1	48	2,8	4,6	6,5	0,88	42	78	125
Fourchette	6,9-7,2	47-49	2,0-3,6	4,0-5,5	6,4-6,7	0,8-0,9	38-43	70-95	125
Ringvatnet	0,13	0,9	0,57	0,54	0,1	0,04	4,6	10,3	0
No. d'analyses	9	9	9	9	9	9	8	8	9
Moyenne	7,2	45	2,9	3,6	5,9	0,8	28	62	67
Fourchette	7,0-7,3	45-46	2,3-3,8	3,0-4,5	5,7-6,0	0,8	21-40	40-80	25-75
Hostovatnet	0,07	0,7	0,44	0,37	0,1	0	6,7	14	15
No. d'analyses	15	15	13	15	15	15	15	15	15

Tableau 10

Résultats des analyses d'échantillons d'eau des lacs Ringvatnet (R5) et Hostovatnet (H8)
(les résultats de 1976 ne sont pas compris dans le programme de routine)

A. Ringvatnet

Paramètre	Avr. 25	Mai 23	Jun 8	Jun 17	Jun 22	Jul. 4	Jul. 18	Août 1	Août 15	Août 27
Phosphate ortho µg P/l	3,5	< 2	4	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2
Phosphore total µg P/l	16	7,5	12	8	10	18	11	7	8	10
Nitrate µg N/l	70			100		60			10	
Azote total µg N/l		260	900	255	255	310	280	180		
Chlorure mg Cl/l				6,3		6,0				6,5
Sulfate mg SO ₄ /l				5,0		4,3				4,8
Silicate mg SiO ₂ /l				1,6		1,6				0,5
Couleur mg Pt/l				57		46			33	49
Turbidité JTU						0,7				0,7
Sodium mg Na/l				3,5		4,0				3,4
Potassium mg K/l				0,44		0,51				0,51
Manganèse µg Mn/l				32		24				13
Plomb µg Pb/l									1	
Chlorophylle a µg/l				11,2		3,4				3,6

Tableau 10 (suite)

Résultats des analyses d'échantillons d'eau des lacs Ringvatnet (R5) et Hostovatnet (H8)
(les résultats de 1976 ne sont pas compris dans le programme de routine)

B. Hostovatnet

Paramètre	Avr. 25	Mai 23	Juin 8	Juin 22	Juil. 4	Juil. 18	Août 1	Août 15	Août 27
Phosphate ortho µg P/l	< 2	< 2	< 2	3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Phosphore total µg P/l	21,5	12	8	8,5	25	16	7	5	10
Nitrate µg N/l	60				50			10	
Azote total µg N/l		230	215	255	530	250	260		
Chlorure mg Cl/l					5,4				7,3
Sulfate mg SO ₄ /l					5,1				4,0
Silicate mg SiO ₂ /l					1,5				1,3
Couleur mg Pt/l					51			31	36
Turbidité JTU					0,7				0,7
Sodium mg Na/l					3,5				3,7
Potassium mg K/l					0,49				0,52
Manganèse µg Mn/l					30				14
Plomb µg Pb/l								2	
Chlorophylle a µg/l					2,7			2,3	

Tableau 11

Résumé des résultats des analyses d'échantillons d'eau des lacs Ringvatnet (R5) et Hostovatnet (H8)
 Ceux de 1976 ne sont pas compris dans le programme de routine
 Valeurs moyennes, fourchettes, écarts-types (ET) et nombre d'analyses à 1 mètre de profondeur

Paramètres	Lieu et date	Ringvatnet			Nombre d'analyses	Hostovatnet			Nombre d'analyses
		Moyennes	Fourchettes	ET		Moyennes	Fourchettes	ET	
Phosphate ortho	µg P/l	<2	<2-4	-	10	<2	<2-3	-	9
Phosphore total	µg P/l	10,8	7,18	3,9	9	12,9	5-25	7,3	8
Nitrate	µg N/l	50	<10-100	39	5	33	<10-60	26	4
Azote total	µg N/l	349	180-900	246	7	290	215-53	119	6
Chlorure	mg Cl/l	6,3	6,3-6,5	0,3	3	6,4	5,4-7,3	-	2
Sulfate	mg SO ₄ /l	4,7	4,3-5,0	0,4	3	4,6	4,0-5,1	-	2
Silicate	mg SiO ₂ /l	1,2	0,5-1,6	0,6	3	1,4	1,3-1,5	-	2
Couleur	mg Pt/l	46,3	33-57	10	4	39,3	31-51	10,4	3
Turbidité	JTU	0,7	0,7	-	2	0,7	0,7	-	2
Sodium	mg Na/l	3,6	3,4-4,0	0,3	3	3,6	3,5-3,7	-	2
Potassium	mg K/l	0,49	0,44-0,51	4,0	3	0,51	0,49-0,52	-	2
Manganèse	µg Mn/l	23	13-32	9,5	3	22	14-30	-	2
Plomb	µg Pb/l	1			1	2			1
Chlorophylle a	µg/l	2,7	1,2-3,6	1,3	3	2,5	2,3-2,7	-	2

EIFAC/T29

Tableau 12
Concentrations d'oxygène dissous dans les
lacs Ringvatnet (R6) et Hostovatnet (H4) 17 mars 1976

Stations	Profon- deur m	Température °C	Oxygène mg/l
R 6	2,5		11,0
	15		9,7
	25		4,9
H 4	2,5	2,1	10,9
	9	2,8	10,4
	15	3,2	9,7

Tableau 13
Analyses du cuivre sur un échantillon
d'eau prélevée dans le lac Ringvatnet

Filtre	Cu "disponible"	Cu "lié"	% "lié"	
	µg/l			
UM10	3,5	24,3	88	
Double test	{UM2	4,3	26,6	86
	{UM2	4,3	26,6	86

Tableau 14

Teneur en métaux des échantillons de poissons

Lieu	Date	Espèces	Longueur	Poids	Sexe	Organe	% Poids sec	Cu	Zn
L. Ringvatnet	17.6.76	Omble chevalier	40,0	830	♀	Muscle	25,6	2,3	13
						Foie	30,6	32	103
						Rein	22,3	26	88
	17.6.76	Omble chevalier	31,5	360	♀	Muscle	23,0	3,5	17
						Foie	23,9	60	147
						Rein	18,7	30	99
	17.6.76	Truite	27,5	220	♀	Muscle	23,2	6,9	28
						Foie	22,8	925	305
						Rein	21,3	32	376
	17.6.76	Truite	31,5	330	♀	Muscle	22,3	4,9	33
						Foie	22,6	827	315
						Rein	23,5	24	992
L. Hostovatnet	8.7.76	Omble chevalier	23,5	150	♂	Muscle	22,0	4,1	30
						Foie	34,2	41	124
						Rein	21,7	38	117
	8.7.76	Omble chevalier	27,0	210	♀	Muscle	27,1	3,1	26
						Foie	35,5	43	137
						Rein	21,7	21	78
R. Bjørtjøna (unpolluted)	6.7.76	Truite	19,5	75	♂	Muscle	21,3	8,2	32
						Foie	27,2	88	333
						Rein	23,4	79	237
	6.7.76	Truite	19,0	60	♀	Muscle	22,2	7,0	38
						Foie	28,6	61	231
						Rein	21,7	338	434
	6.7.76	Truite	Echantillons mélangés			Muscle	21,8	5,5	38
						Foie	25,8	161	276
						Rein	22,8	27	499

Tableau 15

Comparaison entre les normes CECPI, pour le zinc et cuivre, et les concentrations trouvées dans la rivière Bjøraa, les lacs Ringvatnet et Hostovatnet

Station de prélèvement	Dureté de l'eau mg/l équiv. CaCO ₃	Zinc µg/l			Cu µg/l		
		CECPI Percentile 95 %	Station Percentile 95 %	Rapport	CECPI Percentile 95 %	Station Percentile 95 %	Rapport
R. Bjøraa (1)	30	130	405	3,1	42	230	5,5
L. Ringvatnet (5)	18	100	118	1,2	30	58	1,9
L. Hostovatnet (8)	18	100	72	0,7	30	37	1,2

Tableau 1A

Analyse chimique de l'eau de la rivière A (A), 12 octobre 1975 - 28 août 1976

x = Erreur probable d'analyse - Pas tenu compte dans les moyennes
 EF = Ecartis-types - N = Nombre d'analyses utilisées pour les calculs

Paramètres	Juil. 18	Oct. 12	Oct. 27	Nov. 11	Nov. 25	Dec. 10	Jan. 30	Fév. 11	Fév. 24	Mars 9	Mars 17	Avr. 4	Avr. 25
pH		5,3	7,2		6,3	6,4	7,6	5,0	4,7	7,1	7,4	7,4	7,5
Conductivité électrolytique $\mu\text{S/cm}$		57	60	63	60	993	118	102	109	93	87	83	99
Dureté $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$		17	27	22	24	33	47	31	35	32	32	30	26
Carbone organi. mg C/l		7,5	2,5	14	14	12	4	4	3,5		3	3	4,5
Cu, $\mu\text{g/l}$		265	4	390	205	510	445	660	845	5	6	3	3
Zn, $\mu\text{g/l}$		440	20	640	350	830	635	1 000	1 100	35	45	40	25
Fe, $\mu\text{g/l}$		1 050	50	1 250	650	10 600	2 450	3 200	4 200	40	60	70	50
Cd, $\mu\text{g/l}$										0,15	0,45	0,30	0,20

Paramètres	Mai 9	Mai 23	Jun 8	Jun 22	Juil. 4	Juil. 18	Avr. 1	Avr. 15	Avr. 28	Moyenne	Fourchette	EF	N
pH	6,7	6,5	6,4	7,2	7,4	7,3	7,7	7,1	7,1	6,8	4,7-7,7	0,86	20
Conductivité électrolytique $\mu\text{S/cm}$	70	28	22	29	60	70	36	59	80	113	22-993	203-34	21
Dureté $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$	19	9,2	6,4	10	25	28	14	25	33	25	6,4-47	9,0	21
Carbone organi. mg C/l		3,9	4,2	4,2	3,4	4,0	9,5	5,4	3,5	5,8	2,5-14	3,7	19
Cu, $\mu\text{g/l}$	5	4	3	4	3	2	5	6	3	161	2,0-8	258	21
Zn, $\mu\text{g/l}$	<10	<10	<10	<10	20	15	15	20	20	252	<10-1 100	368	21
Fe, $\mu\text{g/l}$	85	55	80	50	40	40	140	140	1	272	40-10 600	2 568	19
Cd, $\mu\text{g/l}$	-	0,4	0,2	0,65	0,2	0,1	0,5	0,5	0,31	0,31	0,10-0,65	0,17	10

Tableau 2A

Analyse chimique de l'eau à la sortie du lac Björtjónna (B) - 12 octobre 1975 - 28 août 1976

EF = Ecart-types - N = Nombre d'analyses utilisées pour les calculs

Paramètres	Juil. 18	Oct. 12	Oct. 27	Nov. 11	Nov. 25	Dec. 10	Jan. 30	Fév. 11	Fév. 24	Mars 9	Mars 17	Avr. 4	Avr. 25
pH		6,5	6,7		6,8	6,8	7,1	6,6	6,7	7,0	6,9	6,9	6,8
Conductivité électrolytique $\mu S/cm$		34	36	33	43	434	60	59	62	80	77	77	87
Dureté $mg CaCO_3/l$		13	15	14	17	19	19	20	21	24	25	23	23
Carbone organi. $mg C/l$		5,6	7	21	10	44	4,5	4,0	4,0		4,5	4,0	4,5
Cu, $\mu g/l$		4	17	7	10	5	5	4	8	4	25	3	3
Zn, $\mu g/l$		10	<10	10	<10	10	<10	<10	30	<10	23	10	<10
Fe, $\mu g/l$		170	200	250	375	300	125	130	80	130	180	150	90
Cd, $\mu g/l$										0,1	0,8	0,2	0,35

Paramètres	Mai 9	Mai 23	Jun 8	Jun 22	Juil. 4	Juil. 18	Août 1	Août 15	Août 28	Moyenne	Fourchette	EF	N
pH	6,6	6,3	6,4	7,0	7,2	7,1	7,3	7,1	7,0	6,8	6,3-7,3	0,27	20
Conductivité électrolytique $\mu S/cm$	70	25	22	28	44	45	37	43	49	69	22-434	86	21
Dureté $mg CaCO_3/l$	19	8,6	6,4	9,6	17	16	14	16	20	17,1	6,4-25	5,0	21
Carbone organi. $mg C/l$													
Cu, $\mu g/l$	4	3,9	4,0	5,7	6,2	6,2	7,4	7,8	7,4	6,1	3,9-21	4,1	19
Zn, $\mu g/l$	<10	<10	<10	<10	15	<10	<10	10	<10	<10	2,0-25	5,3	21
Fe, $\mu g/l$	80	70	70	90	130	130	170	-	-	154	<10-30	-	21
Cd, $\mu g/l$	-	0,15	0,2	0,45	0,45	0,05	0,2	-	-	0,29	70-375	81	19
											0,05-0,8	0,22	10

Tableau 3A

Analyse chimique de l'eau du lac Gruvedammen (C), 12 octobre 1975 - 28 août 1976

x = Erreur probable d'analyse - Pas tenu compte dans les moyennes

ET = Ecart-types - N = Nombre d'analyses utilisées pour les calculs

Paramètres	Juil. 18	Oct. 12	Oct. 27	Nov. 11	Nov. 25	Dec. 10	Jan. 30	Fév. 11	Fév. 24	Mars 9	Mars 17	Avr. 4	Avr. 25
pH		8,2	6,9		7,1	6,8	6,6	6,8	6,8	6,6	6,7	6,6	6,8
Conductivité électrolytique $\mu S/cm$		65	60	36	53	579	72	70	71	114	91	133	85
Dureté mg CaCO ₃ /l		35	23	15	22	25	13	25	26	18	22	20	22
Carbone organi. mg C/l		4,5	6	13	22	22	2,5		6,0		3,5	2,5	4,5
Cu, $\mu g/l$		5	6	31	9	11	7	55	31	7	8	7	16
Zn, $\mu g/l$		95	20	65	30	30	10	60	70	20	30	35	60
Fe, $\mu g/l$		225	200	250	225	500	75	785	90	110	300	90	120
Cd, $\mu g/l$										0,2	0,2	0,7	3,0

Paramètres	Mai 9	Mai 23	Juin 6	Juin 22	Juil. 4	Juil. 18	Août 1	Août 15	Août 28	Moyenne	Fourchette	ET	N
pH	6,6	6,1	6,4	6,9	7,3	8,0	7,2	6,9	7,0	6,9	6,1-8,2	0,48	20
Conductivité électrolytique $\mu S/cm$	72	26	23	29	47	52	42	49	61	87	23-579	116	21
Dureté mg CaCO ₃ /l	20	8,4	6,7	9,3	20	20	18	19	25	19,6	6,7-35	6,6	21
Carbone organi. mg C/l		4,0	4,9	4,9	5,4	6,5	6,5	7,3	6,0	7,3	2,5-22	5,8	18
Cu, $\mu g/l$	29	23	6	16	11	13	14	14	12	16	5,0-55	12,1	21
Zn, $\mu g/l$	55	30	10	14	15	20	25	20	20	35	10-95	23,2	21
Fe, $\mu g/l$	90	95	55	175	360	1 000	230			262	75-1 000	252	19
Cd, $\mu g/l$		0,3	0,25	0,35	0,4	0,1	0,2			0,30	0,1-0,7	0,17	9

Tableau 4A

Analyse chimique de l'eau de la rivière Bjóraa (1), 18 juillet 1975 - 27 août 1976

x = Erreur probable d'analyse - Pas tenu compte dans les moyennes
 ET = Ecartis-types -- N = Nombre d'analyses utilisées pour les calculs

Paramètres	Juil. 18	Oct. 12	Oct. 27	Nov. 11	Nov. 25	Dec. 10	Jan. 30	Fév. 11	Fév. 24	Mars 9	Mars 17	Avr. 4	Avr. 25
pH	7,0												
Conductivité électrolytique $\mu S/cm$	56												
Dureté $mg CaCO_3/l$	31												
Carbone organi. $mg C/l$	2,0												
Cu, $\mu g/l$	174	213	258	205	165	170	140	150	115	150	125	175	180
Zn, $\mu g/l$	350	440	370	370	315	240	220	310	375	345	355	320	290
Fe, $\mu g/l$	450	570	650	635	550	590	325	305	65	100			
Cd, $\mu g/l$										0,95	0,85	0,8	0,8

Paramètres	Mai 9	Mai 23	Juin 8	Juin 22	Juil. 4	Juil. 18	Août 1	Août 15	Août 27	Moyenne	Fourchette	ET	N
pH										7,0			1
Conductivité électrolytique $\mu S/cm$										56			1
Dureté $mg CaCO_3/l$										31			1
Carbone organi. $mg C/l$										2,0			1
Cu, $\mu g/l$	225	170	230	135	115	120	175	165	165	169	115-258	39	22
Zn, $\mu g/l$	315	185	180	150	19 ^x	200	40 ^x	275	270	294	150-440	78	20
Fe, $\mu g/l$				450	340					420	65-650	197	12
Cd, $\mu g/l$		0,5	0,5	0,7	0,75	0,55	0,7	0,7		0,70	0,50-0,95	0,14	11

Tableau 5A

Analyse chimique de l'eau de la rivière Langbekken (2), 27 octobre 1975 - 27 août 1976

x = Erreur probable d'analyse - Pas tenu compte dans les moyennes

EF = Ecart-types - N = Nombre d'analyses utilisées pour les calculs

Paramètres	Juil. 18	Oct. 12	Oct. 27	Nov. 11	Nov. 25	Dec. 10	Jan. 30	Fév. 11	Fév. 24	Mars 9	Mars 17	Avr. 4	Avr. 25
pH													
Conductivité électrolytique µS/cm													
Dureté mg CaCO ₃ /l													
Carbone organi. mg C/l													
Cu, µg/l			6	5	3	2	14	3	10	10	1	1	3
Zn, µg/l			<10	10	<10	<10	<10	10	20	15	11	<10	<10
Fe, µg/l			100	100	150	175	100	395	100	50			
Cd, µg/l										0,4	0,2	0,55	0,1

Paramètres	Mai 9	Mai 23	Jun 8	Jun 22	Juil. 4	Juil. 18	Août 1	Août 15	Août 27	Moyenne	Four- chette	EF	N
pH													
Conductivité électrolytique µS/cm													
Dureté mg CaCO ₃ /l													
Carbone organi. mg C/l													
Cu, µg/l	3	3	10	2	1	3	3	5	2	4,3	1-14	3,6	20
Zn, µg/l	15	<10	35	<10	<10	15	<10	<10	<10	<10	<10-35		20
Fe, µg/l				90	100					136	50-395	97	10
Cd, µg/l		0,25	0,5	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,27	0,1-0,55	0,15	11

Tableau 6A

Analyse chimique de l'eau du lac Ringvatnet (R5), 18 juillet 1975 - 27 août 1976

x = Erreur probable d'analyse - Pas tenu compte dans les moyennes
 ET = Ecart-types - N = Nombre d'analyses utilisées pour les calculs

Paramètres	Jul. 18	Oct. 12	Oct. 27	Nov. 11	Nov. 25	Dec. 10	Jan. 30	Fév. 11	Fév. 24	Mars 9	Mars 17	Avr. 4	Avr. 25
pH	7,2	7,1	6,9		7,2				6,3	6,7	7,0	6,8	6,3
Conductivité électrolytique $\mu\text{S/cm}$	48	51	55	53	52				72	61	60	78	119
Dureté $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$	20	20	21	20	19				15	22	21	16	17
Carbone organi. mg C/l	4,0	4,0	3,5	15	11				6,5		4,0	3,0	10
Cu, $\mu\text{g/l}$	46	45	37	45	36				55	60	50	25	80 ^x
Zn, $\mu\text{g/l}$	95	75	85	105	80				155	100	100	75	155 ^x
Fe, $\mu\text{g/l}$	125	120	100	150	150				120	80	120	120	240
Cd, $\mu\text{g/l}$										0,4	0,6	0,8	1,3

Paramètres	Mai 9	Mai 23	Juin 8	Juin 22	Jul. 4	Jul. 18	Août 1	Août 15	Août 27	Moyenne	Fourchette	ET	N
pH	6,6	5,7 ^x	6,5	7,0	7,4	7,2	7,3	7,2	7,1	6,9	6,3-7,4	0,34	17
Conductivité électrolytique $\mu\text{S/cm}$	85	28 ^x	62	48	49	53	53	55	54	62	48-119	17,7	18
Dureté $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$	26	6 ^x	22	16	16	18	18	17	18	19,0	15-26	2,9	18
Carbone organi. mg C/l		2,3 ^x	4,3	3,5	4,3	4,3	3,6	3,1	2,9	5,4	2,9-15	3,4	16
Cu, $\mu\text{g/l}$	57	21 ^x	41	50	42	37	36	31	34	43	31-57	9,6	17
Zn, $\mu\text{g/l}$	125	15 ^x	80	80	70	20 ^x	65	60	55	88	55-155	25,4	16
Fe, $\mu\text{g/l}$	150	95 ^x	195	150	120	100	110			134	80-240	39	16
Cd, $\mu\text{g/l}$		0,45	0,45	0,6	0,9	0,1	0,3	0,3		0,56	0,1-1,3	0,34	11

Tableau 7A

Analyse chimique de l'eau de l'exutoire du lac Ringvatnet (4), 18 juillet 1975 - 27 août 1976

x = Erreur probable d'analyse - Pas tenu compte dans les moyennes
 EF = Ecart-types - N = Nombre d'analyses utilisées pour les calculs

Paramètres	Juil. 18	Oct. 12	Oct. 27	Nov. 11	Nov. 25	Dec. 10	Jan. 30	Fév. 11	Fév. 24	Mars 9	Mars 17	Avr. 4	Avr. 25
pH	7,3												
Conductivité électrolytique µS/cm	46												
Dureté mg CaCO ₃ /l	20												
Carbone organi. mg C/l	3,5												
Cu, µg/l	38	26	35	42	37	38		55	250 ^x	60	50	38	36
Zn, µg/l	75	70	85	85	85	70		110	515 ^x	100	110	100	80
Fe, µg/l	125	95	150	100	75	150		220	120	140	0,45	0,6	0,35
Cd, µg/l										0,3			

Paramètres	Mai 9	Mai 23	Jun 8	Jun 22	Juil. 4	Juil. 18	Août 1	Août 15	Août 27	Moyenne	Fourchette	EF	N
pH										7,3			1
Conductivité électrolytique µS/cm										46			1
Dureté mg CaCO ₃ /l										20			1
Carbone organi. mg C/l										3,5			1
Cu, µg/l	37	35	37	40	29	29	32	32	34	38	26-60	8,4	20
Zn, µg/l	95	50	80	65	45	55	65	47	65	77	45-110	19,8	20
Fe, µg/l	-			150	75					127	75-220	42	11
Cd, µg/l		0,3	0,3	0,35	0,2	0,1	0,3	0,4		0,33	0,1-0,6	0,12	11

Tableau 8A

Analyse chimique de l'eau du lac Hostovatnet (H8), 18 juillet 1975 - 27 août 1976

x = Erreur probable d'analyse - Pas tenu compte dans les moyennes
 ET = Ecart-types - N = Nombre d'analyses utilisées pour les calculs

Paramètres	Juil. 18	Oct. 12	Oct. 27	Nov. 11	Nov. 25	Dec. 10	Jan. 30	Fév. 11	Fév. 24	Mars 9	Mars 17	Avr. 4	Avr. 25
pH	7,2	7,2	7,1	-	7,2				6,8	6,9	6,9	6,4	6,1
Conductivité électrolytique $\mu S/cm$	45	43	50	49	49				59	56	56	169	12
Dureté mg $CaCO_3/l$	18	16	19	17	18				19	19	19	20	1,4 ^x
Carbone organi. mg C/l	3,5	3,5	2,5	15	10				3,5	4	4	4	2,5
Cu, $\mu g/l$	39	12	19	22	18				210 ^x	30	31	13	11
Zn, $\mu g/l$	75	20	35	45	35				375 ^x	65	65	55	25
Fe, $\mu g/l$	75	35	50	50	50				55	60	80	50	20
Cd, $\mu g/l$										0,25	0,30	1,1	9,5 ^x

Paramètres	Mai 9	Mai 23	Jun 8	Jun 22	Juil. 4	Juil. 18	Août 1	Août 15	Août 27	Moyenne	Fourchette	ET	N
pH	6,7	5,9 ^x	6,7	7,1	7,4	7,4	7,4	7,3	7,2	7,0	6,1-7,4	0,36	18
Conductivité électrolytique $\mu S/cm$	57	5 ^x	54	51	52	223 ^x	53	54	52	57	12-169	31	17
Dureté mg $CaCO_3/l$	17	3,2 ^x	16	16	16	15	18	16	17	17,4	15-19	1,5	17
Carbone organi. mg C/l		1,2	3,8	2,7	4,6	2,4	3,4	3,2	2,5	4,3	1,2-4,6	3,2	17
Cu, $\mu g/l$	12	5 ^x	25	25	22	38	17	18	24	22	11-39	8,6	17
Zn, $\mu g/l$	25	<10 ^x	55	50	45	50	25	44	35	44	20-75	16,1	17
Fe, $\mu g/l$	60	30	100	90	60	40	70	70		57	20-100	21	17
Cd, $\mu g/l$		0,25	0,30	0,95	0,6	0,25	0,2	0,5		0,47	0,2-1,1	0,3	10

Tableau 9A

Analyse chimique de l'eau du lac Hostovatnet (5), 18 juillet 1975 - 27 août 1976

x = Erreur probable d'analyse - Pas tenu compte dans les moyennes

ET = Ecart-types - N = Nombre d'analyses utilisées pour les calculs

Paramètres	Juil.18	Oct.12	Oct.27	Nov.11	Nov.25	Dec.10	Jan.30	Fév.11	Fév.24	Mars 9	Mars 17	Avr. 4	Avr.25
pH	7,1												
Conductivité électrolytique µS/cm	46												
Dureté mg CaCO ₃ /l	18												
Carbone organi. mg C/l	3,5												
Cu, µg/l	22	16	18	18	25			20	27	26	30	30	25
Zn, µg/l	50	30	30	40	35			35	70	65	70	70	70
Fe, µg/l	25	35	50	50	50			130	40	90	5,5 ^x	0,45	0,3
Cd, µg/l										0,4			

Paramètres	May 9	May 23	Jun 8	Jun 22	Jul.4	Jul.18	Augt 1	Augt 15	Augt 27	Moyenne	Fourchette	ET	N
	pH										7,1		
Conductivité électrolytique µS/cm										46			1
Dureté mg CaCO ₃ /l										18			1
Carbone organi. mg C/l										3,7			1
Cu, µg/l	29	24	30	23	26	17	25	22	21	24	16-30	4,4	20
Zn, µg/l	60	40	70	50	30	40	80	40	45	51	30-80	16,7	20
Fe, µg/l				50	75					60	25-130	31	10
Cd, µg/l		0,3	0,3	0,3	0,3	0,15	0,3	0,45		0,32	0,3-0,45	0,08	10

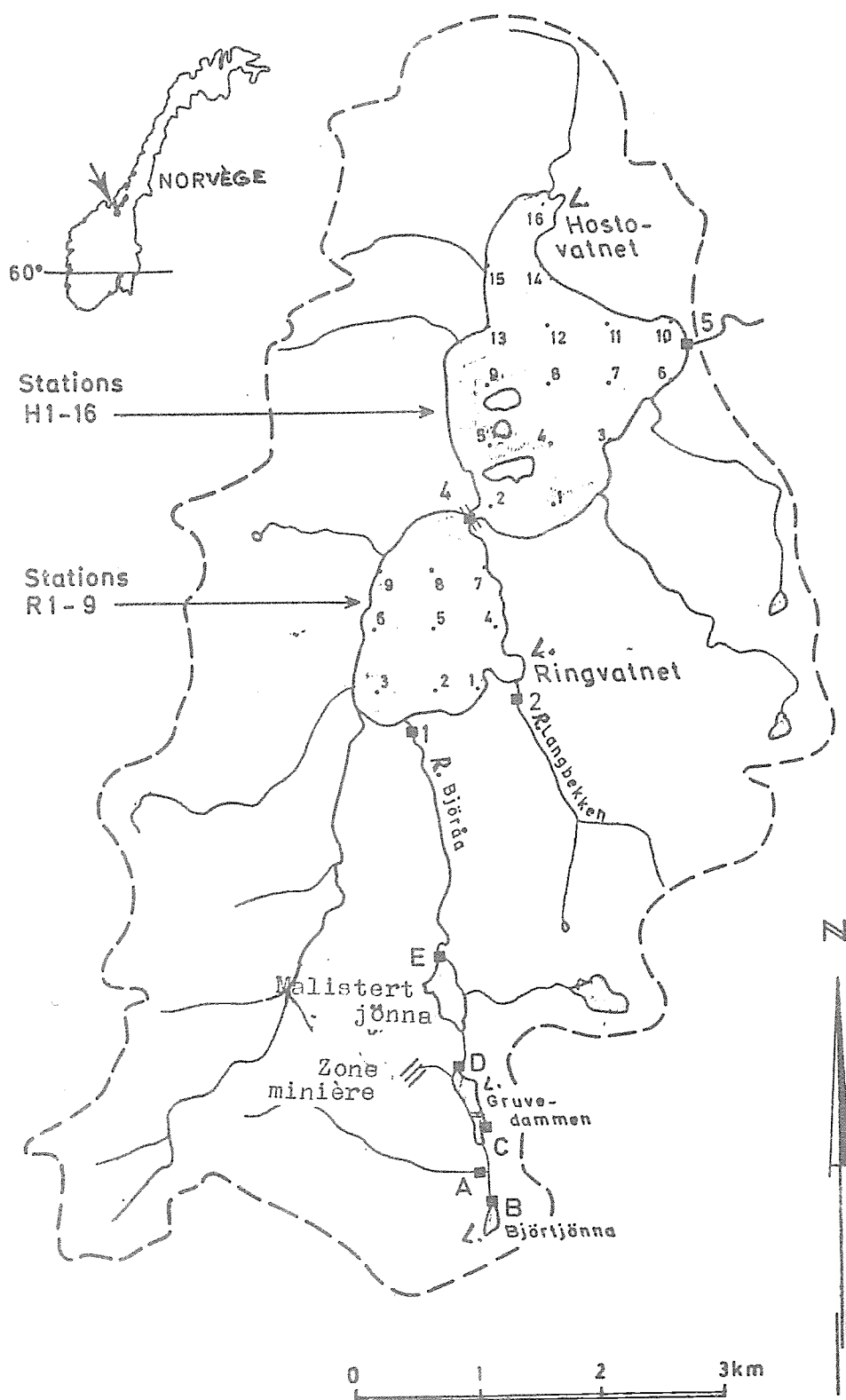


Fig. 1 Lac Ringvatnet et lac Hostovatnet avec leur bassin versant et les stations de prélèvement d'échantillons

EIFAC/T29

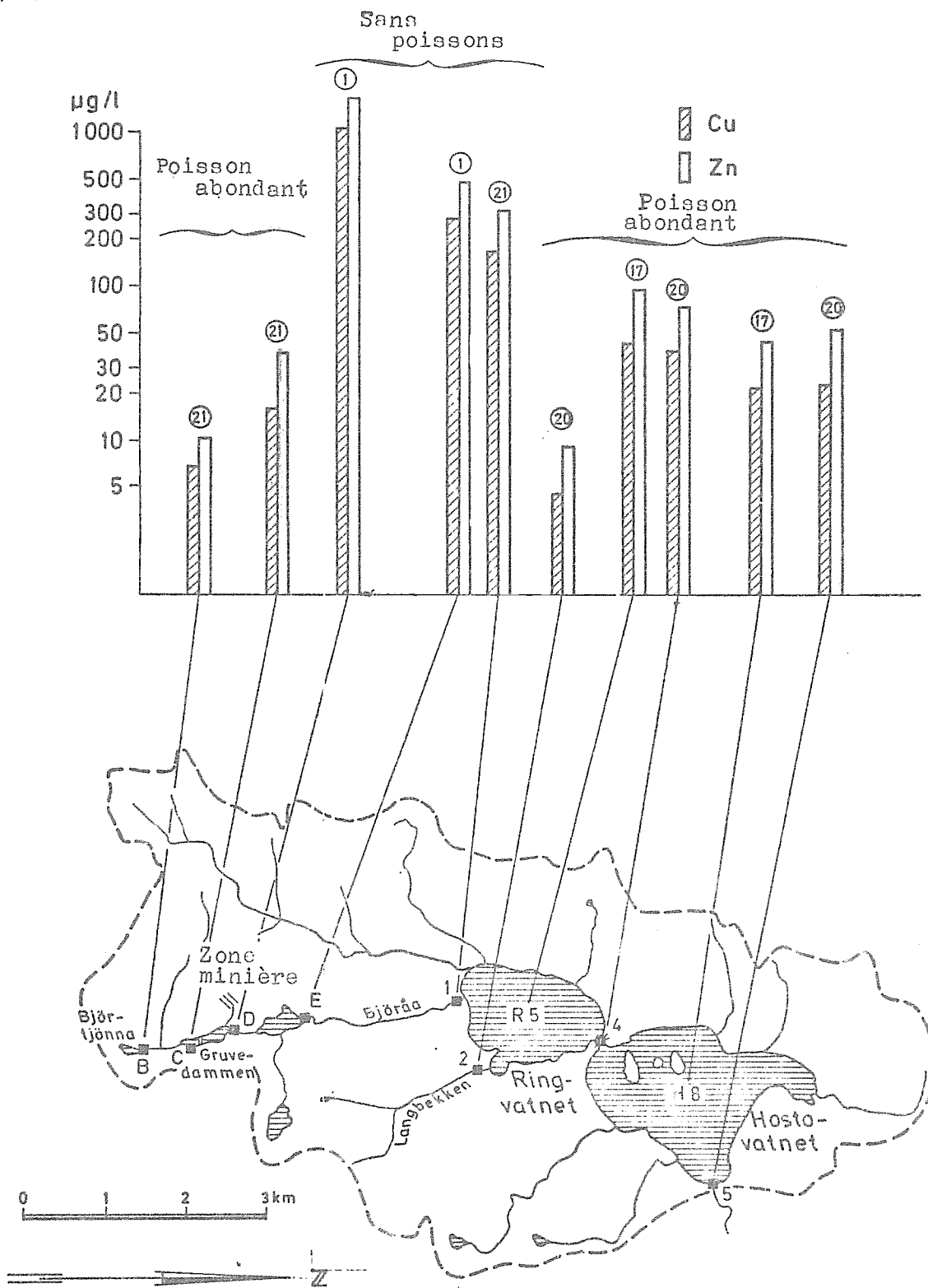


Fig. 2 Concentrations de cuivre et de zinc dans le système fluviolacustre
 Valeurs moyennes annuelles
 ① = Nombre d'analyses

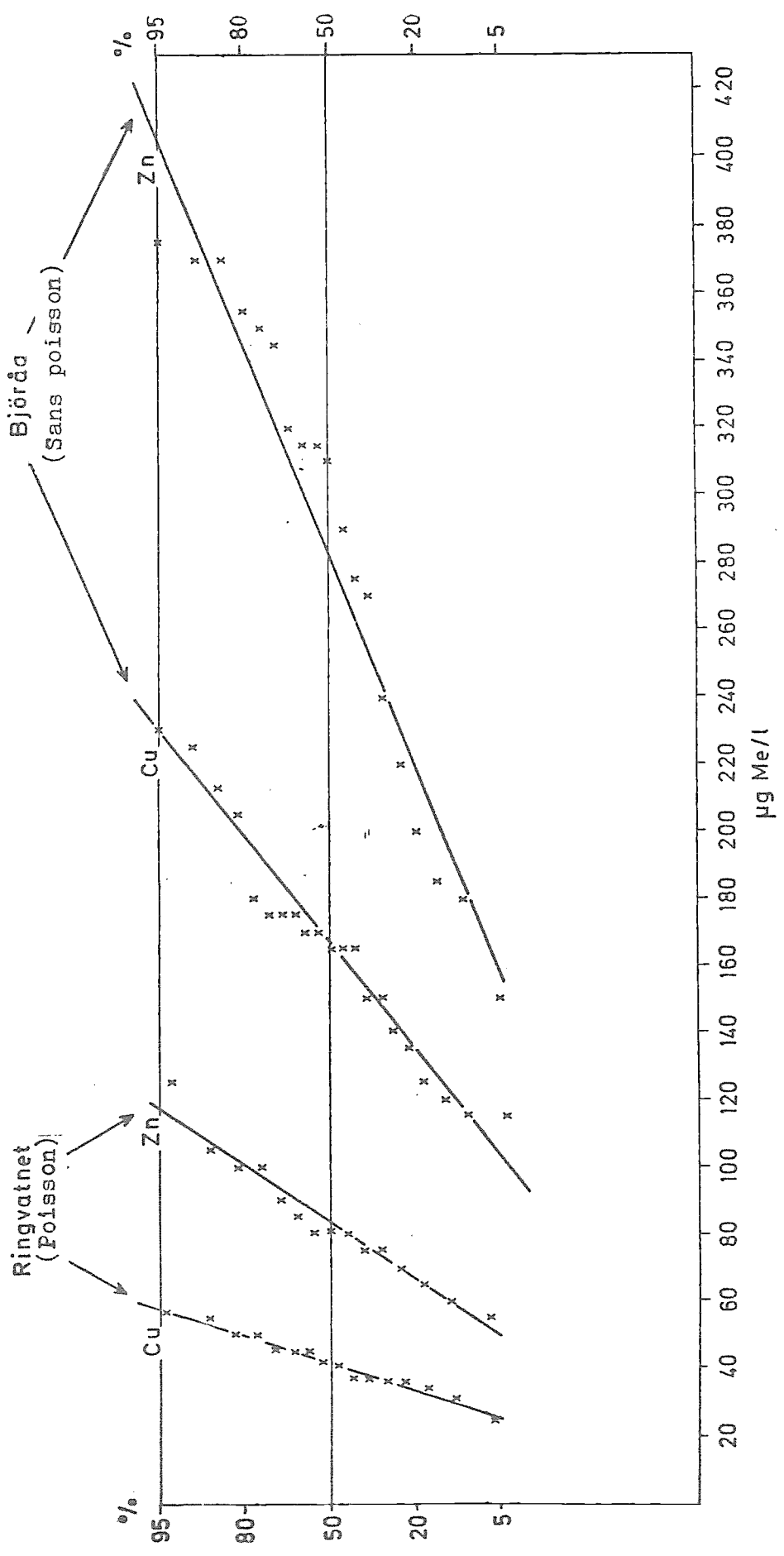


Fig. 3 Distribution en percentiles des concentrations de cuivre et de zinc, dont la valeur a été analysée approximativement deux fois par mois sur un an dans le lac Ringvatnet et la rivière Björda

DOCUMENTS PUBLIÉS DANS LA PRÉSENTE SÉRIE

- EIFAC/T1 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur les solides finement divisés et les pêches intérieures (1964).
- EIFAC/T2 Maladies des poissons. Notes présentées à la troisième session de la CECPI par J. Heyl, H. Mann, C.J. Rasmussen et A. van der Struik (Autriche, 1964).
- EIFAC/T3 Alimentation dans l'élevage de la truite et du saumon. Communications présentées à un symposium, quatrième session de la CECPI (Belgrade, 1966).
- EIFAC/T4 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur les valeurs extrêmes du pH et les pêches intérieures (1968).
- EIFAC/T5 Organisation de l'administration des pêches intérieures en Europe, par Jean-Louis Gaudet (Rome, 1968).
- EIFAC/T6 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur la température de l'eau et les pêches intérieures basé essentiellement sur la documentation slave (1968).
- EIFAC/T7 Evaluation économique de la pêche sportive dans les eaux continentales, par Ingemar Norling (Suède, 1968).
- EIFAC/T8 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Références bibliographiques sur les effets de la température de l'eau sur le poisson (1969).
- EIFAC/T9 Récents développements dans la nutrition de la carpe et de la truite. Communications présentées à un symposium, cinquième session de la CECPI (Rome, 1968).
- EIFAC/T10 Etude comparée des mesures législatives et administratives régissant les échanges internationaux de poissons vivants et d'œufs de poisson, par F.B. Zenny, Service de législation de la FAO (Rome, 1969).
- EIFAC/T11 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur l'ammoniac et les pêches intérieures (Rome, 1970).
- CECPI/T12 Aliments du saumon et de la truite et leur distribution (1973).
- EIFAC/T13 Eléments de la théorie de détermination de l'âge des poissons d'après les écailles. Le problème de validité (1971).
- EIFAC/T14 Consultation de la CECPI sur les engins et techniques de pêche à l'anguille (Rome, 1971).
- CECPI/T15 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur les phénols monohydratés et les poissons d'eau douce (1973).
- EIFAC/T16 Symposium sur la nature et l'étendue des problèmes de pollution des eaux affectant les pêches continentales en Europe. Synthèse des rapports nationaux (1972).
- CECPI/T17 Rapport du symposium sur les principales maladies transmissibles des poissons en Europe et la lutte contre celles-ci, organisé par la FAO/CECPI avec le soutien de l'OIE (Rome, 1973).
- CECPI/T17
Suppl. 1 Les principales maladies transmissibles des poissons en Europe et en Amérique du Nord: examen de mesures nationales et internationales sur la lutte contre ces maladies, par P.E. Thompson, W.A. Dill et G. Moore (1973).
- EIFAC/T17
Suppl. 2 Symposium sur les principales maladies transmissibles des poissons en Europe et la lutte contre celles-ci: exposés des groupes et communications apparentées (1973).
- CECPI/T18 Le rôle instrumental de l'administration dans la lutte contre la pollution des eaux, par G.K. Moore (Rome, 1973).
- CECPI/T19 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur l'oxygène dissous et les pêches intérieures (Rome, 1973).
- CECPI/T20 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur le chlore et les poissons d'eau douce (1973).
- CECPI/T21 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur le zinc et les poissons d'eau douce (1973).
- CECPI/T22 Diagnose écologique en cours d'eau à salmonidés. Méthode et exemple, par R. Cuinat *et al.* (1975).
- EIFAC/T23
(Fr) Rapport du Symposium sur les méthodes de prospection, de surveillance et d'évaluation des ressources ichtyologiques dans les lacs et grands cours d'eau (1974).
- EIFAC/T23
Suppl. 1 Symposium sur les méthodes de prospection, de surveillance et d'évaluation des ressources ichtyologiques dans les lacs et grands cours d'eau — Exposés des groupes et communications apparentées, Vol. I et II (Rome, 1975).
- CECPI/T23
(bil.)
- EIFAC/T24 Rapport sur les tests de toxicité sur les poissons (Rome, 1976).
- EIFAC/T25
(bil.) Workshop on controlled reproduction of cultivated fishes. Report and relevant papers/Réunion sur la reproduction contrôlée des poissons d'élevage. Rapport et communications apparentées (1976).
- EIFAC/T26
(bil.) Second European consultation on the economic evaluation of sport and commercial fisheries. Report and relevant papers (with the collaboration of the Ministry of Agriculture of Sweden)/Deuxième consultation européenne sur l'évaluation économique de la pêche sportive et commerciale. Rapport et communications apparentées (avec la collaboration du Ministère de l'Agriculture de Suède) (in preparation/à paraître).
- EIFAC/T27 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur le cuivre et les poissons d'eau douce (1976).
- EIFAC/T28
(bil.) Joint ICES/EIFAC Symposium on eel research and management (*Anguilla* spp.). Report/Symposium conjoint CIEM/CECPI sur la recherche et l'exploitation des anguilles (*Anguilla* spp.). Rapport (1976).
- EIFAC/T29 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur l'effet de la pollution par le zinc et le cuivre sur les pêcheries de salmonidés dans un système fluvio-lacustre du centre de la Norvège (Rome, 1977).

