

les cahiers de centreau



CENTREAU
Centre de recherches sur l'eau

EXPLOITATION FORESTIÈRE ET PROTECTION DE QUELQUES COURS D'EAU DE LA CÔTE NORD

André PLAMONDON
Robert LEPROHON
Antonio GONZALEZ



UNIVERSITÉ LAVAL
Québec, Canada

Vol. 1, No. 6, novembre 1976

LES CAHIERS DE CENTREAU

LES CAHIERS DE CENTREAU constituent une collection d'études qui fait connaître les travaux des chercheurs de l'Université Laval dans le domaine de l'eau et qui s'adresse à la fois aux scientifiques et aux praticiens intéressés aux richesses naturelles et à leur conservation. Ils traitent chacun de sujets particuliers et apportent des conclusions ou des recommandations susceptibles non seulement d'augmenter les connaissances, mais de fournir aussi des solutions à de nombreux problèmes concernant la gestion et l'aménagement des ressources.

Au moyen de cette revue scientifique bimestrielle, le CENTRE DE RECHERCHES SUR L'EAU de l'Université Laval désire mettre en évidence l'importance des sciences hydriques à cette institution et promouvoir des échanges à l'échelle nationale et internationale.

Ces cahiers sont adressés gratuitement sur demande. Les textes publiés sont sous la responsabilité de leurs auteurs et demeurent leur propriété. Leur reproduction est permise à condition d'en obtenir l'autorisation expresse du directeur de CENTREAU.

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Canada

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec

Pour tout renseignement, s'adresser à:

José Llamas, Ph.D., directeur

CENTREAU
Pavillon Pouliot
Université Laval, Québec,
Canada, G1K 7P4

COMITÉ DE RÉDACTION
Analyse: Guy Moreau, D.Sc.
Documentation: Andrée Tardif, L.L.
Édition: G.-Oscar Villeneuve, Ph.D.



**EXPLOITATION FORESTIÈRE
ET
PROTECTION DE QUELQUES
COURS D'EAU DE LA CÔTE NORD**

André PLAMONDON
Robert LEPROHON
Antonio GONZALEZ

EXPLOITATION FORESTIÈRE
ET
PROTECTION DE QUELQUES COURS D'EAU
DE LA CÔTE NORD

André PLAMONDON
Robert LEPROHON
Antonio GONZALEZ

La présente étude a été réalisée grâce à une subvention de la Compagnie Rayonier Québec Inc. et à sa collaboration sur le terrain, de même qu'au travail d'analyse chimique exécuté par les représentants d'Environnement Canada au laboratoire du Centre de Recherches forestières des Laurentides à Sainte-Foy, Québec.

PLAMONDON, André: *Bachelier ès Sciences Appliquées de la Faculté de Foresterie et de Géodésie de l'Université Laval en 1968, André Plamondon poursuit ultérieurement ses études à l'Université de la Colombie Britannique et obtient son doctorat (Ph.D.) en 1972. Depuis, il est professeur adjoint au département d'Aménagement et de Sylviculture de l'Université Laval et responsable des cours d'hydrologie forestière. Membre du Centre de Recherches sur l'Eau dès 1972, il siège au bureau de direction de CENTREAU depuis 1975.*

LEPROHON, Robert: *Gradué en Sciences Appliquées de la Faculté de Foresterie et de Géodésie de l'Université Laval en 1974, Robert Leprohon obtient sa maîtrise de la même institution en 1975. Assistant de recherche au Centre de Recherches sur l'Eau, il poursuit actuellement ses études en hydrologie forestière.*

GONZALEZ, Antonio: *Actuellement chercheur scientifique à Environnement-Canada, Antonio Gonzalez a étudié à l'Université de Salamanque en Espagne où il a obtenu une maîtrise et un doctorat en sciences (1960). En 1961, il obtient une bourse post-doctorale pour travailler durant deux ans à l'Université de Munich (Institut für Bodenkunde) et en 1963 il est boursier du Conseil National des Recherches du Canada pour des recherches à la Faculté de Foresterie et de Géodésie de l'Université Laval. Depuis 1964, il est chercheur permanent au Centre de Recherches forestières des Laurentides à Sainte-Foy, Québec, où il poursuit des études en pédologie et en pratiques sylvicoles.*

RÉSUMÉ

Les déficiences dans l'application des principes de l'aménagement intégré du territoire forestier affectent les caractéristiques du milieu aquatique, y compris les ressources en salmonidés.

Afin de déterminer l'impact de l'exploitation forestière sur le milieu aquatique, plusieurs paramètres ont été mesurés sur neuf bassins de cours d'eau avant la coupe et sur trois de ceux-ci après la coupe. L'étude fut réalisée sur l'aire de coupe de la Compagnie Rayonier au nord de Port Cartier.

Comparativement aux bassins témoins ou au bassin 5A, un bassin type non aménagé pour la protection de l'eau a subi les augmentations ou diminutions suivantes: sédiments en suspension, 2298 %; oxygène dissous, -10 %; conductivité, 78 %; couleur, 460 %; sodium, 69 %; calcium, 50 %; magnésium, 29 %; potassium, 343 %; fer, 4006 %; azote total, 140 %; carbone organique, 52 %; solides dissous totaux, 142 %. Les eaux de certains bassins coupés avec précaution demeurent sur bien des points comparables aux bassins témoins non perturbés. Bien que les changements de concentration exprimés en pourcentage soient élevés, les effets en valeurs absolues (ppm) sont faibles. Ils sont cependant suffisants pour détériorer l'habitat aquatique lorsqu'il y a absence de mesures protectrices.

Sachant que bien des dégradations résultent de l'indifférence du personnel forestier, un premier pas à la sauvegarde de la ressource EAU est un programme d'éducation de masse au sein de l'entreprise forestière. La planification vise à la localisation adéquate des routes, des jetées et des sentiers de débusquage et de débardage. Les aménagements prescrits touchent principalement la conservation d'une bande de verdure minimale d'une dizaine de mètres de largeur le long des petits cours d'eau ainsi que la construction et l'entretien du système routier.

Parallèlement à l'application de la politique de protection, un programme de contrôle doit être créé afin de surveiller le cheminement des aménagements prescrits et de donner un indice global du milieu aquatique suite à la coupe. La conductivité et l'oxygène dissous donnent un indice valable de la qualité du milieu, car leurs taux résument bien l'impact global des opérations forestières sur la ressource EAU.

ABSTRACT

The deficiencies in the application of integrated management principles to the forest territory affect the characteristics of the water environment, the salmon resources included.

In order to determine the impact of logging on fish habitat, several parameters were measured in nine watersheds before logging operations and in three of those thereafter. The study was carried out north of Port Cartier on the logging unit of Rayonier Quebec.

Compared to the control watersheds a basin logged without protective measures shows the following increased or decreased values: suspended sediments, 2298 %; dissolved oxygen, -10 %; conductivity, 78 %; color, 460 %; sodium, 69 %; calcium, 50 %, magnesium, 29 %; potassium, 343 %; iron, 4006 %; total nitrogen, 140 %; organic carbon, 52 %; total dissolved solids, 142 %. The water quality from a watershed cut with protective measures is similar in many respects to the control watersheds. Although the changes in concentration expressed in percentage are high, the effects in absolute values (ppm) are small but they seem important enough to deteriorate the aquatic habitat when no protective measures are applied.

Knowing that most of the degradations is due to forest workers unconcern, a first step to save the hydrological resource is an education program on forest activities. Planning operations concern proper localization of roads, landings and skidding trails. The management prescriptions include the preservation of a green strip at least 10 m wide along creeks as well as building and maintenance of road systems.

In parallel with the application of the protective measures, a control program must be set forth in order to supervise the prescribed managements and evaluate the fish habitat after logging operations. Conductivity and dissolved oxygen give a valuable index of habitat quality because they sum up the total effect of forest operations on water.

TABLE DES MATIÈRES

	<u>INTRODUCTION</u>	1
I	- <u>LOCALISATION ET DESCRIPTION DU MILIEU</u>	2
	A) GÉOLOGIE	2
	B) VÉGÉTATION	4
	C) CLIMATOLOGIE	5
II	- <u>MÉTHODOLOGIE</u>	6
III	- <u>RÉSULTATS ET DISCUSSIONS</u>	16
	A) LES SÉDIMENTS EN SUSPENSION	16
	B) LES DÉBRIS	21
	C) LA TEMPÉRATURE	23
	D) LES ÉLÉMENTS NUTRITIFS	25
	E) LA CONDUCTIVITÉ	30
	F) L'OXYGÈNE DISSOUS	30
	G) LE pH	36
	H) SCHÉMATISATION DES PARAMÈTRES	37
IV	- <u>CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS</u>	39
	- <u>RÉFÉRENCES</u>	42

EXPLOITATION FORESTIÈRE
ET
PROTECTION DE QUELQUES COURS D'EAU
DE LA CÔTE NORD

INTRODUCTION

Toutes les modifications de l'environnement par l'homme amènent un changement plus ou moins perceptible des processus physiques et un comportement différent des organismes vivants. Ainsi, l'exploitation forestière nuit plus ou moins à la qualité naturelle de l'eau et est, en partie, incompatible avec l'aménagement de la faune aquatique. Dans le but de protéger la ressource EAU, des critères de protection doivent être appliqués lors de la préparation des plans d'aménagement forestier.

Des auteurs rapportent que les aménagements qui protègent plusieurs espèces de poissons et la vie aquatique en général, sont généralement adéquats pour protéger tout l'écosystème et ainsi permettre la majorité de ses utilisations par l'homme (Alderdice et al., 1972). Nous pouvons supposer que la protection directe des cours d'eau, en plus de conserver la faune aquatique, permet de maintenir la qualité de la ressource EAU à un niveau suffisamment élevé pour les besoins humains.

En 1971, une promesse d'approvisionnement à long terme en matière ligneuse a été faite à la compagnie Rayonier Québec par le gouvernement du Québec. D'après cette entente, les bois proviendront de la forêt domaniale de la Côte Nord et la coupe annuelle prévue après 1985 comprend environ 5 660 000 m³ de matière ligneuse.

A cause de l'importance de cette exploitation, on a voulu par une étude appropriée déterminer son impact sur la qualité du milieu aquatique. Les résultats de cette étude permettent d'établir des règles qui, si elles sont appliquées, aideront à la conservation, non seulement des salmonidés, mais de la qualité des eaux des divers bassins hydrographiques, particulièrement de ceux du territoire en cause.

I - LOCALISATION ET DESCRIPTION DU MILIEU

L'étude a été effectuée dans le bloc d'exploitation de Port-Cartier, situé grossièrement entre les rivières Sainte-Marguerite à l'est et Toulnostouc à l'ouest. On a recueilli les données sur les parterres de coupe des camps 22, 51 et 71 (fig. 1).

A) GÉOLOGIE

La région étudiée couvre le plateau laurentien et quelques dépôts fluvio-glaciaires dans les grandes vallées. Le plateau laurentien, formé il y a 950 000 000 d'années, est

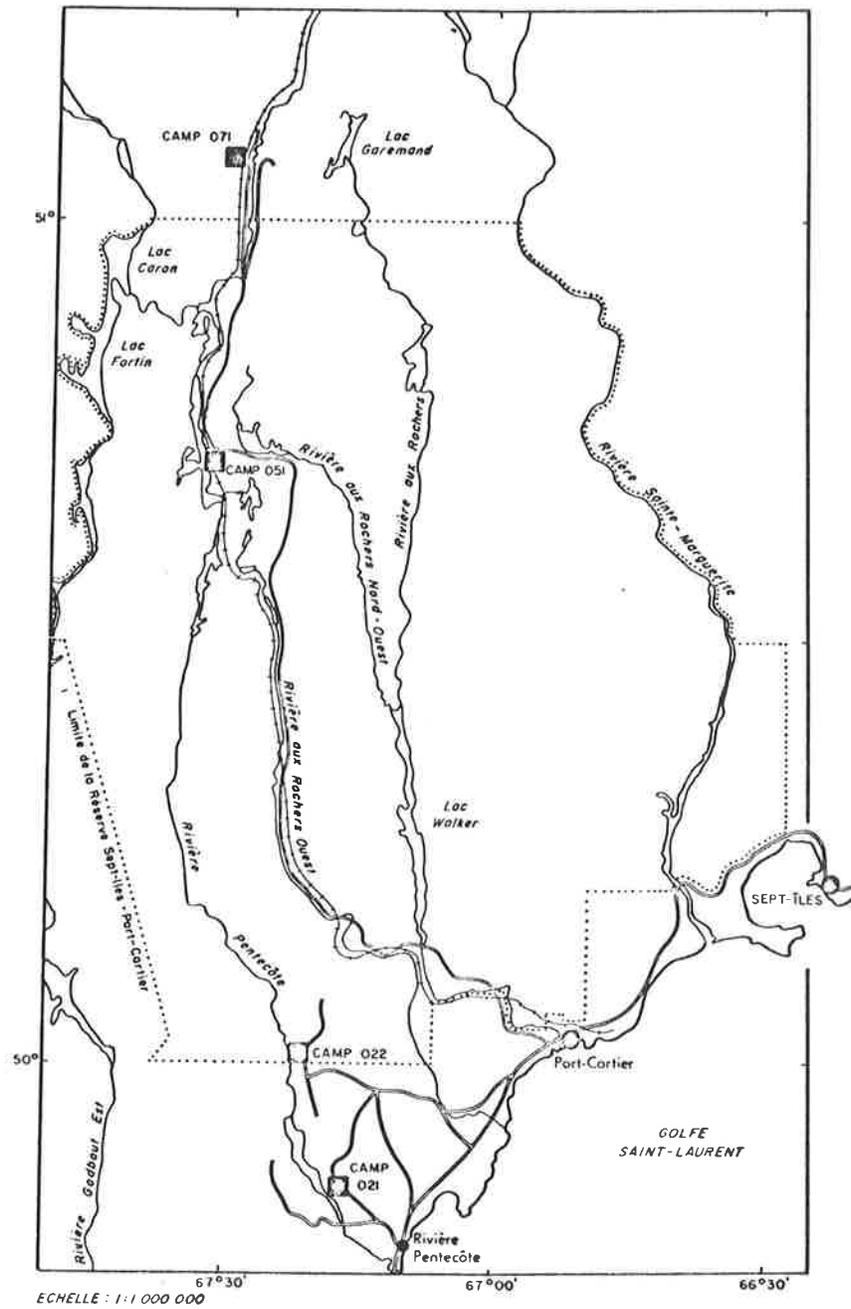


Fig. 1 - BLOC D'EXPLOITATION DE PORT-CARTIER ET LOCALISATION DES DIFFÉRENTS CAMPS.

composé principalement d'un massif rocheux d'origine volcanique précambrienne sur lequel s'est déposé, lors de la dernière glaciation, un matériel grossier. Ce dépôt est mince sur les pentes et épais dans le fond des vallées. La région supporte facilement l'altération superficielle par les agents atmosphériques et possède une bonne stabilité sauf dans les zones de dépôts alluvionnaires. Le sol est peu développé, organique, mince et acide (Schiefer, 1972). On y trouve principalement des podsoles. Autour du camp 22, la physiographie est tourmentée; la roche nue fait saillie à plusieurs endroits tandis qu'ailleurs elle n'est recouverte que d'une mince couche de sol organique accrochée aux flancs des montagnes.

Les massifs montagneux autour des camps 51 et 71 sont plus arrondis et une partie de l'aire de coupe de ce dernier camp est située sur les dépôts fluvio-glaciaires épais de la rivière Tournustouc Nord-Est. Ce sont des dépôts sableux d'une grande épaisseur encastrés dans le fond de la vallée. La rivière Tournustouc et ses tributaires s'enfoncent dans ces dépôts sableux jusqu'à une profondeur pouvant atteindre 20 mètres.

B) VÉGÉTATION

D'après la classification des unités phyto-géographiques de la région laurentienne, le territoire étudié fait partie de la sous-région du Bouclier précambrien, district

saguenayen (Marie-Victorin, 1964).

La région assure la transition entre la région hudsonienne et la région laurentienne proprement dite. La forêt est composée des espèces suivantes: sapin baumier (Abies balsamea, L. Mill.), mélèze laricin (Larix laricina, Du Roi Koch.), épinette blanche (Picea glauca, Moench Voss.), épinette noire (Picea mariana, Mill. BSP.), pin gris (Pinus banksiana, Lamb.), bouleau blanc (Betula papyrifera, Marsh.). peuplier baumier (Populus balsamifera, L.) et peuplier faux-tremble (Populus tremuloides, Michx.).

L'épinette noire et le pin gris dominant généralement cette forêt. L'épinette noire règne sur le matériel grossier ou sablonneux mal égoutté et dans les aires composées de matériaux fins. Le pin gris affectionne pour sa part les grandes étendues de sable acide et sec en tant qu'essence colonisatrice (Laverdière, 1950).

C) CLIMATOLOGIE

L'isolement est responsable de la faible quantité de données météorologiques recueillies sur le territoire étudié. Les caractéristiques météorologiques qui suivent, proviennent de Gagnon et Ferland (1967). Elles ont été établies à l'aide de données recueillies entre 1931 et 1960 sur des sites très espacés.

La température moyenne annuelle est de -3°C ; les températures moyennes du mois le plus froid (janvier) et du mois le plus chaud (juillet) sont respectivement de -21°C et de 14°C . Les dates de la dernière gelée de printemps et de la première gelée d'automne sont le 17 juin et le 7 septembre respectivement (avec probabilité de 50 pour cent). Le nombre de degrés-jours de croissance (au-dessus de 6°C) est de 1000.

La précipitation totale annuelle est de 122 cm, incluant une chute de neige annuelle moyenne de 457 cm, le tout donnant une fraction nivale de 38 pour cent. La figure 2 indique la répartition mensuelle de la précipitation mesurée à Sept-Iles, situé à 100 km au sud-est du camp 51.

II - MÉTHODOLOGIE

L'étude a été effectuée au cours des étés 1974 et 1975. Aux camps 51 et 71, elle a porté sur neuf bassins durant ces deux périodes, tandis qu'au camp 22, on n'a recueilli des données qu'en 1975 sur six bassins. Le tableau I indique les différents éléments étudiés et la fréquence des mesures. Les indicatifs P, 5 et 7 composant le numéro des bassins indiquent que ceux-ci sont situés respectivement dans l'aire de coupe des camps 22, 51 et 71. Les figures 3, 4 et 5 illustrent la localisation des bassins et les aires exploitées.

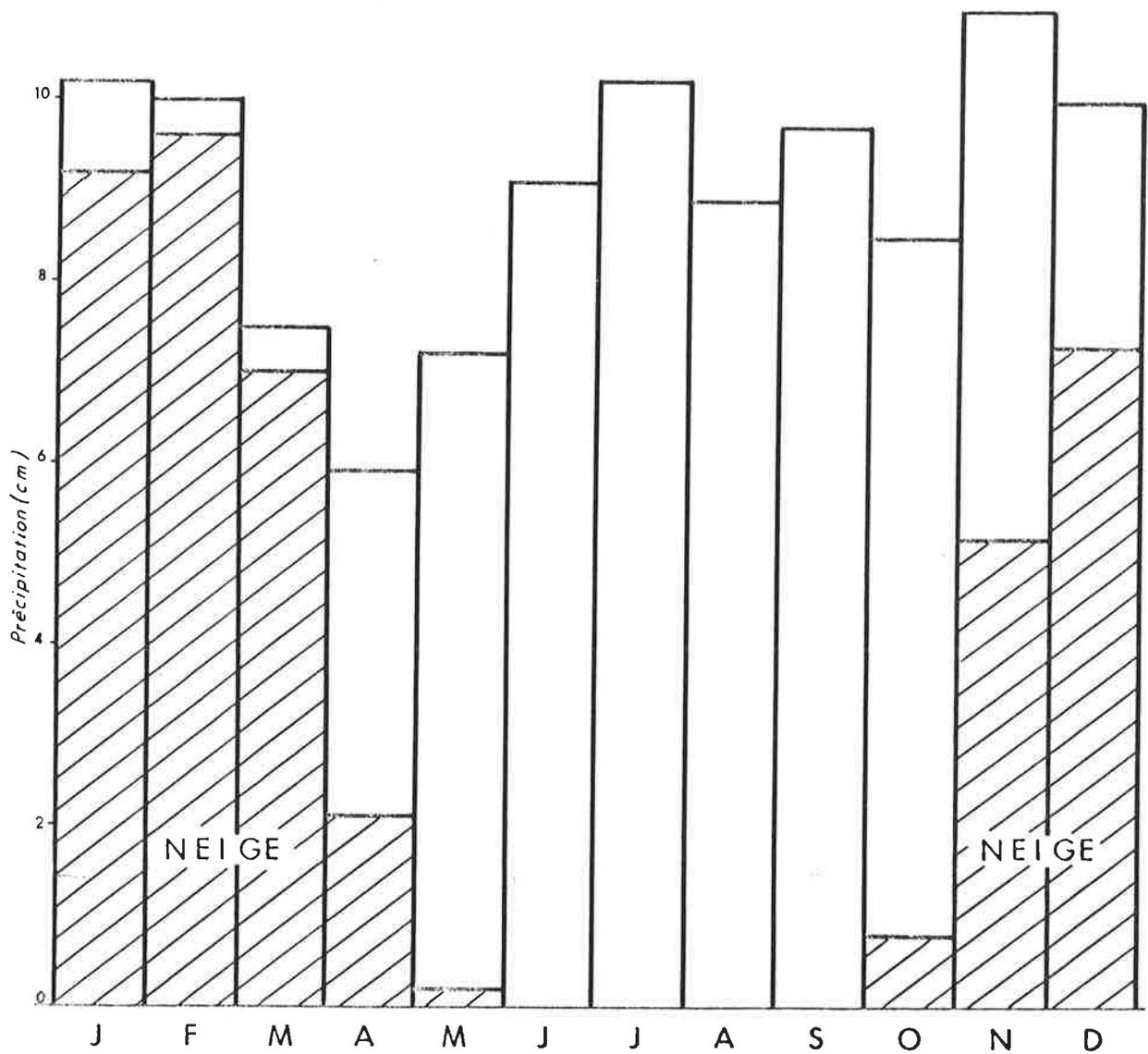


Fig. 2 - RÉPARTITION MENSUELLE DE LA PRÉCIPITATION
 À SEPT-ÎLES (1931-1960) (GAGNON ET FERLAND, 1967).

TABLEAU I - ÉNUMÉRATION DES ÉLÉMENTS ÉTUDIÉS SUR CHAQUE BASSIN
ET FRÉQUENCE DES MESURES

BASSIN	INTERVALLE ENTRE LES MESURES (jours)		ÉTAT		OXYGÈNE DISSOUS	SÉDIMENTS	CONDUC- TIVITÉ	PH	TEMP. CONTINUE	TEMP. MIN-MAX	TEMP. INSTANT	2 E.N.	DÉBIT
	1974	1975	1974	1975									
7A	1	4	N	N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
7B	1	4	N	N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
7C	1	4	N	N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
7D	4	4	N	N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5A	4	1	N	N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5B	4	1	N	N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5C	4	1	N	N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5D	4	1	N	N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5E	4	4	N	N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5F	-	1	-	N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5G	-	1	-	E	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5H	-	1	-	E	*	*	*	*	*	*	*	*	*
P1	-	1	-	E	*	*	*	*	*	*	*	*	*
P2	-	1	-	E	*	*	*	*	*	*	*	*	*
P3	-	1	-	E	*	*	*	*	*	*	*	*	*
P4	-	1	-	E	*	*	*	*	*	*	*	*	*
P5	-	1	-	E	*	*	*	*	*	*	*	*	*
P6	-	1	-	N	*	*	*	*	*	*	*	*	*

1N: Naturel E: Exploité 2E.N.: Eléments nutritifs

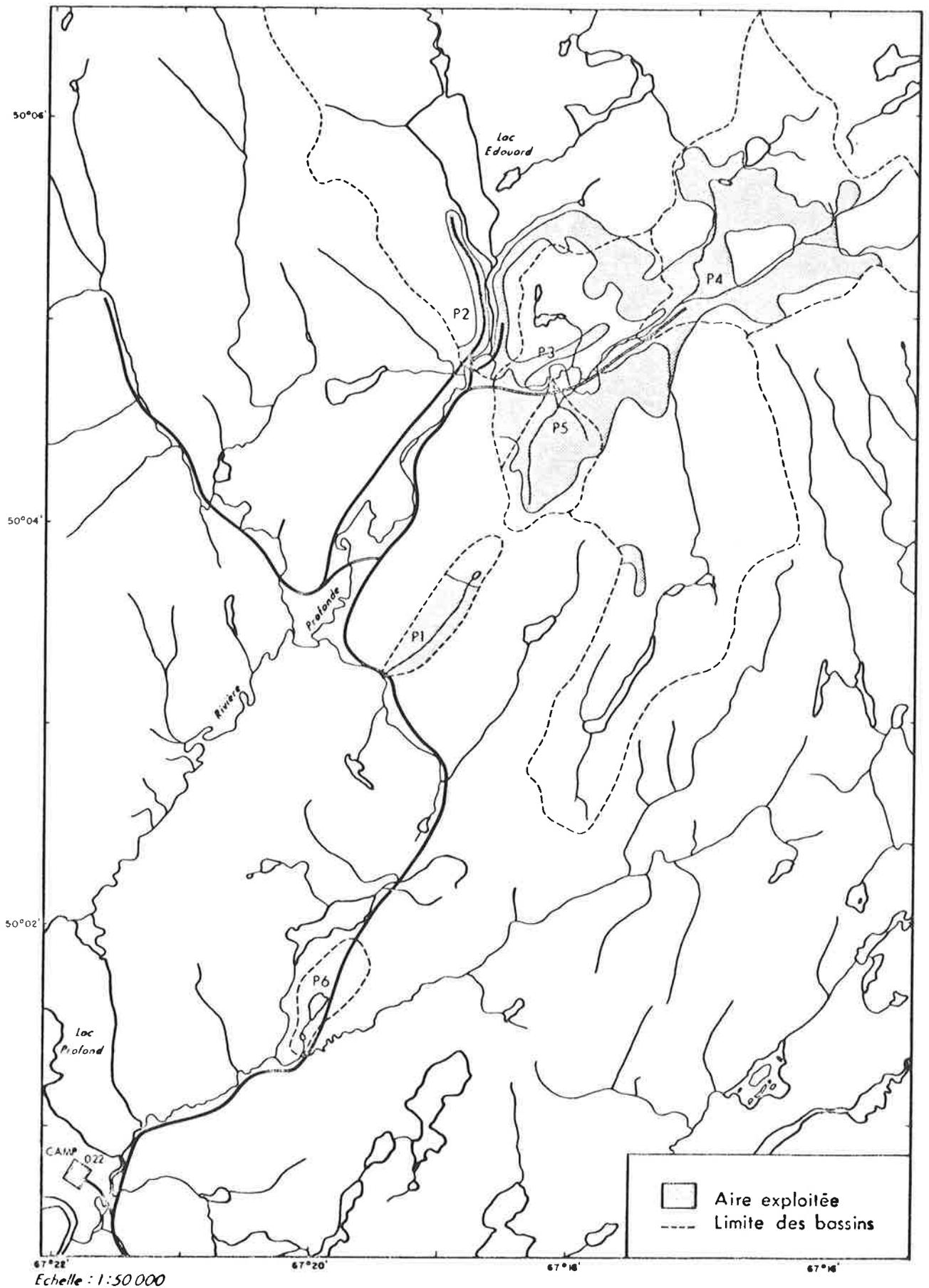
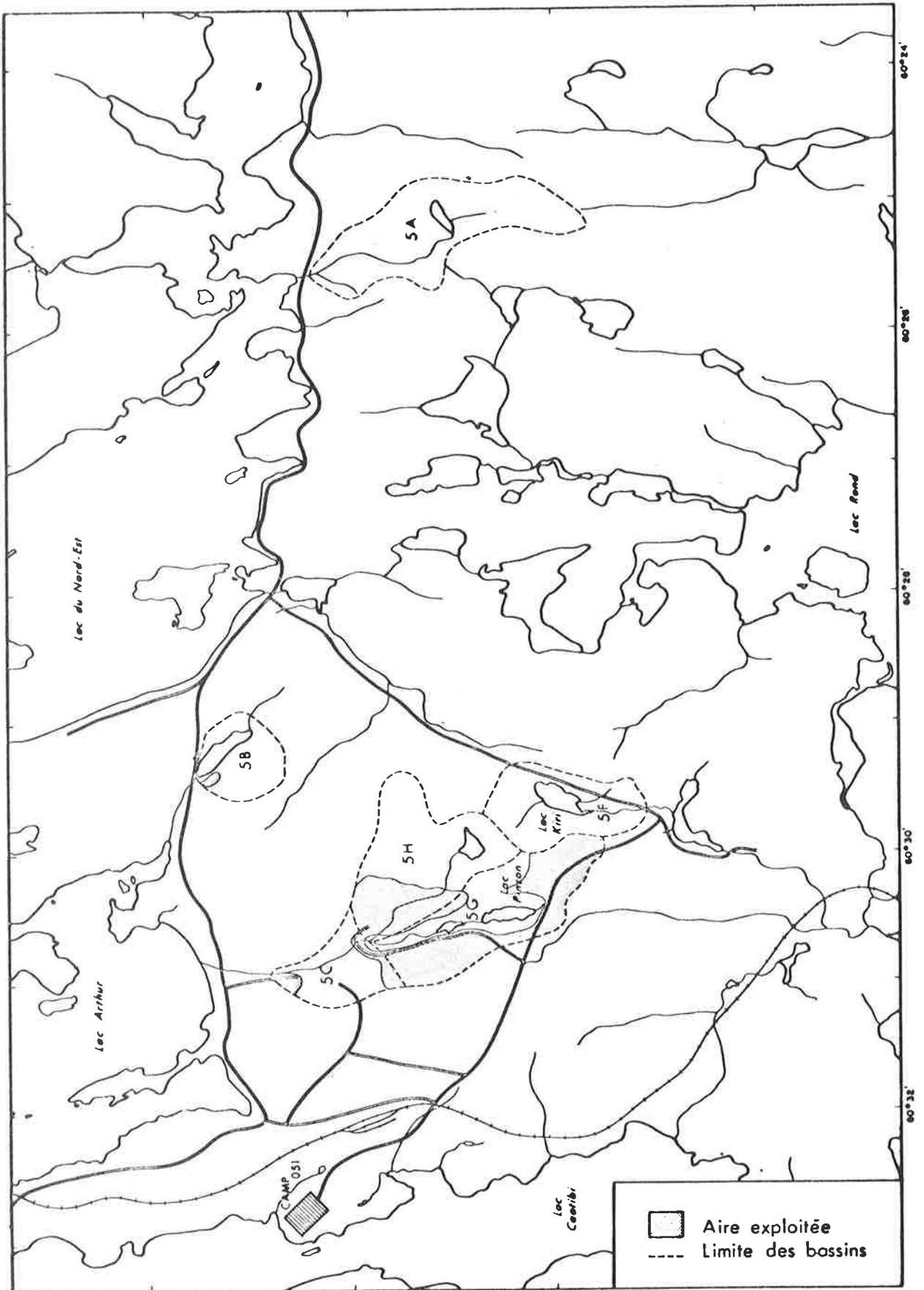


Fig. 3- ÉTAT DES COUPES AU 31 AOÛT 1975 SUR LES BASSINS DU CAMP 022 .



Echelle: 1:50 000

Fig. 4- ÉTAT DES COUPES AU 31 AOÛT 1975 SUR LES BASSINS DU CAMP 051

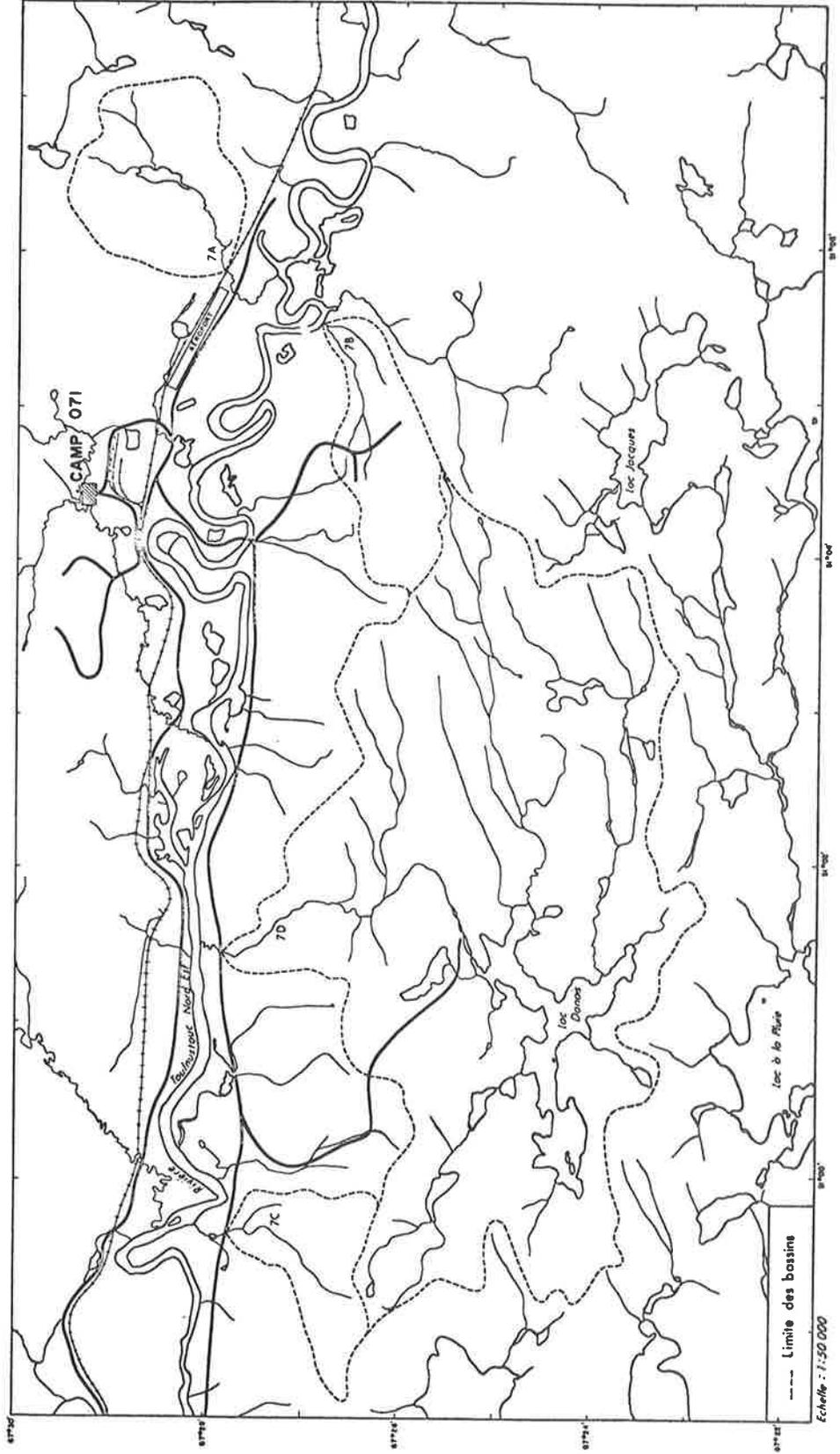


Fig. 5 - LOCALISATION DES BASSINS EXPÉRIMENTAUX AU CAMP 071 .

Les bassins 5B et 5C ont été partiellement coupés en 1975. Leurs caractéristiques physico-chimiques ont été comparées avant et après la coupe à celles des bassins non perturbés servant de témoins. Les deux tributaires du 5C, drainant les eaux des bassins 5G et 5H, ont été échantillonnés séparément lors de l'été 1975. On a considéré les caractéristiques de ces deux tributaires comme similaires à celles du bassin 5C lors de l'été 1974.

Dans le bassin 5B, les exploitations se résument à une faible trouée près de l'exutoire du bassin. La coupe couvre 60 pour cent de la superficie du bassin 5G; mais on a conservé à l'état naturel une lisière de végétation de 6 à 13 m de largeur de chaque côté du cours d'eau principal. On a coupé à blanc seulement 35 pour cent de l'aire du bassin 5H, mais on n'a appliqué aucune mesure de protection du cours d'eau. Au contraire, ce cours d'eau a été utilisé comme voie d'accès par la machinerie lourde et fut alors partiellement recouvert de débris ligneux.

Au camp 22, les bassins coupés ont été échantillonnés en 1975 seulement, mais furent comparés à des bassins témoins non exploités. A ce camp, aucune condition d'aménagement n'a été exigée puisque les coupes furent effectuées avant l'application du programme de protection du territoire par la compagnie Rayonier. A cause du grand nombre de bassins non perturbés qui furent étudiés, il a été possible d'estimer la va-

riation spatiale naturelle de leurs caractéristiques physico-chimiques. Il s'en suit qu'on a pu évaluer l'ordre de grandeur des changements occasionnés par la coupe, même si avant cette coupe, on n'avait procédé à aucun échantillonnage.

Même si le débit a été mesuré sur trois bassins au camp 71, il n'a pas été possible de déterminer l'effet de la coupe à cet endroit à cause de l'arrêt des opérations forestières.

Au camp 51, la majorité des coupes sur les bassins d'étude ont été effectuées par deux méthodes principales:

1. Billes plus ou moins longues en utilisant une abatteuse "Bofors" et une débusqueuse à grappins;
2. Billes de huit pieds de longueur (2.44 m) à l'aide d'une abatteuse-ébrancheuse-tronçonneuse "Poclain" et d'une débardeuse "Volvo".

Quant au camp 22 (Lac Profond), ce sont des entrepreneurs forestiers qui ont exécuté la coupe et celle-ci fut effectuée au moyen de débusqueuses à câbles.

Échantillonnage et méthodes analytiques

L'échantillonnage fut réalisé manuellement, de préférence dans les sections turbulentes des cours d'eau. Les

échantillons ont été réfrigérés, puis livrés au laboratoire en bouteilles de polyéthylène de 1000 ml dans un délai maximum de deux semaines.

Sans mettre en doute la valeur de certains éléments, il faut prendre garde à quelques modifications éventuelles qui surviennent durant la période plus ou moins prolongée entre la récolte des échantillons et leur analyse en laboratoire.

D'après Traversy (1971), le fer doit être analysé le plus rapidement possible puisqu'une précipitation par oxydation peut se produire et fausser les résultats. L'azote total doit subir l'analyse en moins de 24 heures, car l'azote organique est transformable en ammoniac. L'examen de la couleur doit être fait rapidement, puisque des changements biologiques affectent sa valeur.

On peut supposer que les modifications qui ont pu survenir dans ces trois éléments ont suivi la même tendance et qu'il est ainsi possible d'établir une comparaison entre elles avant et après coupe, afin de détecter les changements importants apportés à la qualité de l'eau. Il est cependant bien entendu que les valeurs absolues de ces paramètres sont discutables.

Sur place on a déterminé trois paramètres à l'aide d'appareils portatifs de marque Chemtrix. Ces paramètres

sont:

- 1 - la conductivité (modèle 70 ; précision: ± 3 uhos)
- 2 - l'oxygène dissous (modèle 30 ; précision: ± 0.3 ppm)
- 3 - le P_h (modèle 40E ; précision: ± 0.1 unité)

En laboratoire, et d'après les méthodes présentées par l'American Public Health Association (1966), on a déterminé les paramètres suivants:

Couleur:

Comparaison visuelle avec un standard de platine-cobalt exprimé en unités APHA

Sédiments en suspension:

Séparation par filtration à vide (Millipore SCWPO 4700) et gravimétrie, après chauffage à 850°C

Solides dissous totaux:

Evaporation du filtrat à 105° et gravimétrie du résidu

Azote total:

Micro-Kjeldahl et Messlerisation

Carbone organique:

Oxydation par voie humide avec un standard de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$

Cations métalliques:

(Fe, Ca, Mg, K et Na): Absorption atomique (Perkin Elmer 303).

La détermination de certains éléments présents dans l'eau en très faible quantité exigeait une concentration pré-

liminaire des échantillons. A cette fin, on a utilisé la congélation rotative (Virtis, modèle 3-100).

Les résultats des analyses, groupés sous le terme d'"éléments nutritifs" dans le texte, sont exprimés en ppm.

On a mesuré les débits sur les bassins 7A, 7B et 7C. A l'exutoire du bassin 7B, on a utilisé un seuil jaugeur en forme de V avec une ouverture de 120 degrés (Church and Kellerhals, 1970), mais on l'a pourvu d'une toile s'étendant vers l'amont afin de minimiser les pertes d'eau par-dessous. On a jaugé les cours d'eau 7A et 7C à partir de ponceaux en métal ondulé préalablement calibrés à l'aide d'un moulinet (A. Ott Kempten: Small Current Meter 10.150). La méthode utilisée est décrite par Holtan et al. (1968).

La température de l'eau a été mesurée selon les cours d'eau, soit à l'aide d'un simple thermomètre lors de la visite, soit à l'aide d'un thermomètre à lectures minimale et maximale ou d'un thermographe (Peabody Ryan, Model D8).

III - RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

A) LES SÉDIMENTS EN SUSPENSION

Les figures 6 et 7 illustrent respectivement la concentration des sédiments durant l'été 1974 dans les bassins

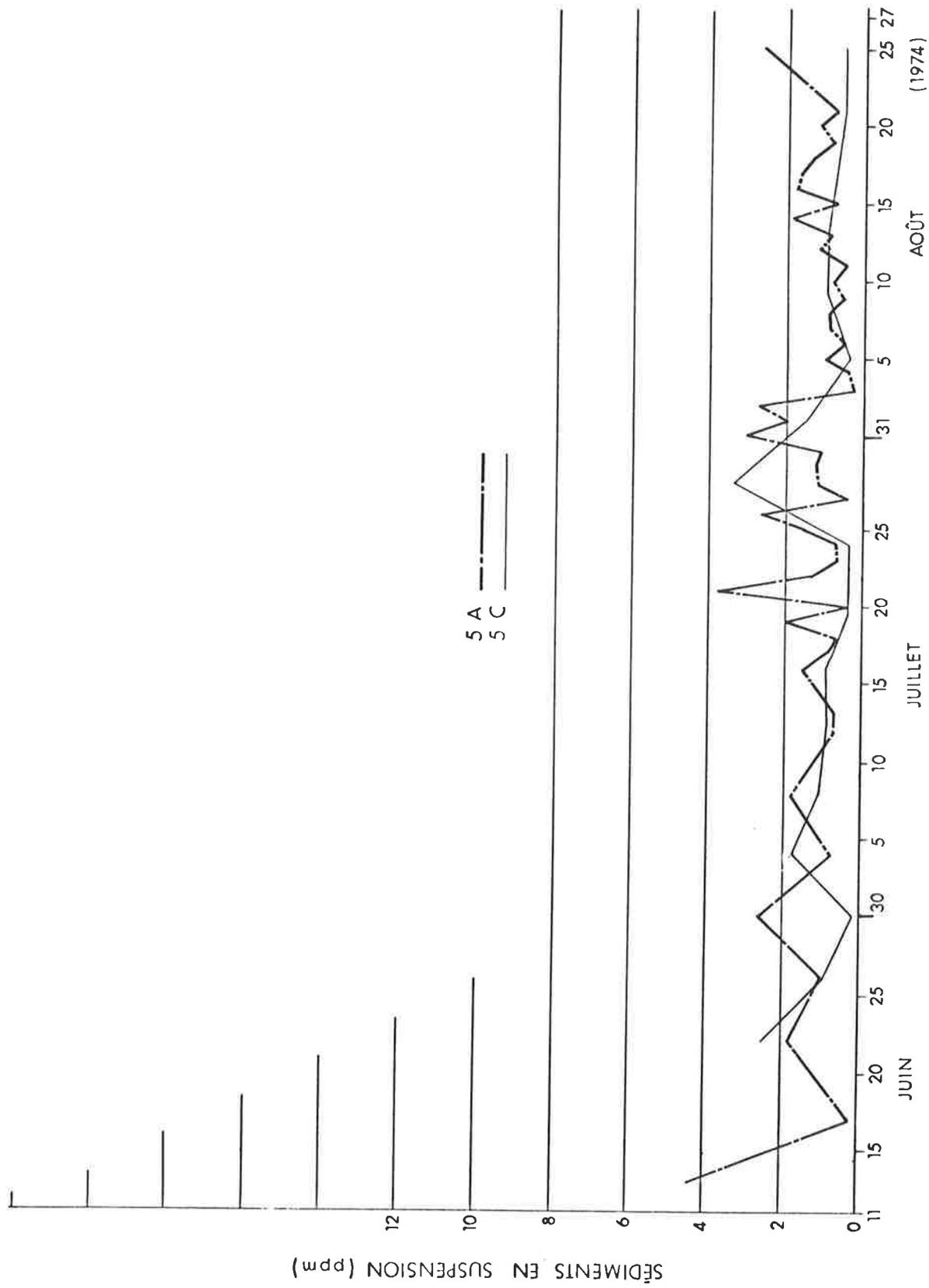


Fig. 6- CONCENTRATION DES SÉDIMENTS EN SUSPENSION (1974).

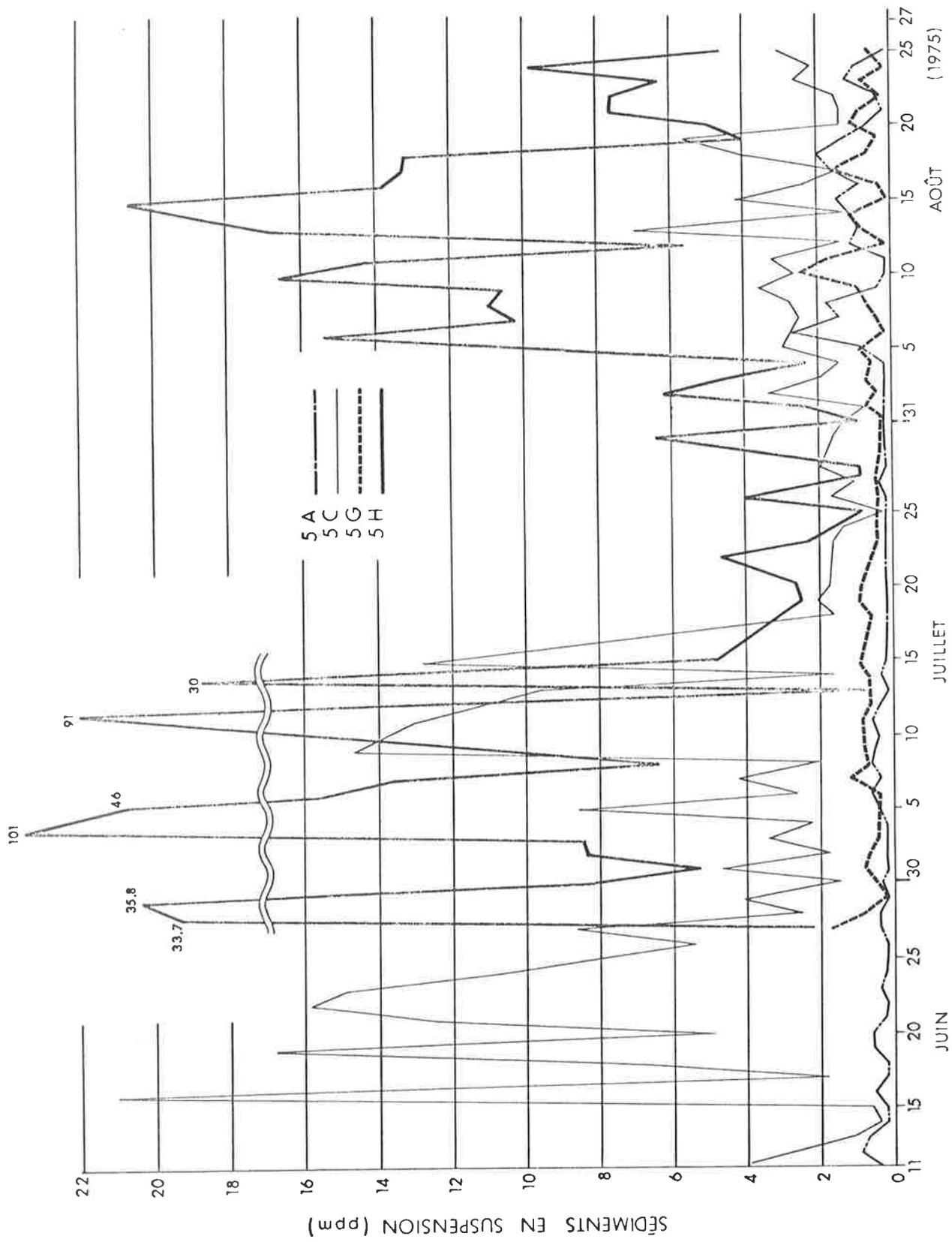


Fig. 7- CONCENTRATION DES SÉDIMENTS EN SUSPENSION (1975) .

5A et 5C et durant l'été 1975 dans les bassins 5A, 5C, 5G et 5H. On remarque l'augmentation notable des sédiments dans le bassin 5H (1 644%) par rapport à ceux du bassin témoin, soit le bassin 5A. La bande protectrice d'au moins 6 m de largeur, retenue le long du cours d'eau et la présence de lacs dans le territoire sont responsables du maintien du faible taux de sédiments à la station 5G; on y a détecté une moyenne de 0.7 ppm, soit une valeur comparable à celle des taux de sédiments obtenus dans les bassins inexploités.

Les principales sources de sédiments sont facilement identifiables. La proximité des routes et des jetées favorisent un apport volumineux de sédiments dans les cours d'eau. L'installation et le dimensionnement inadéquats des ponceaux favorisent un piétinement important des berges et une érosion massive des remblais. L'entretien souvent insuffisant des routes et des fossés contribue également à l'apport de sédiments. La localisation des sentiers de débussage ou de débardage en pente raide ou au fond des vallées aboutit fréquemment à leur délavage lors de fortes précipitations ou de crues. Enfin, la traversée des cours d'eau par la machinerie lourde réduit la stabilité de leurs lits et de leurs berges. Par exemple, on a noté des taux respectifs de sédiments en suspension en amont d'une traverse et à 10, 150 et 300 mètres en aval de 2, 4 609, 195 et 19 ppm lors d'une traversée de débussages sur l'un des cours d'eau.

Même si les taux sont insuffisants pour être directement néfastes aux salmonidés, ils amènent trois conséquences graves:

- a) Les sédiments colmatent le lit des frayères et y étouffent les oeufs et les alevins encore enfouis dans le gravier (Ellis, 1936);
- b) La turbidité réduit, chez le poisson, la vision pour la prédation (Phillips, 1971);
- c) Enfin, les sédiments apportent dans l'eau des éléments nutritifs qui peuvent rompre l'équilibre établi (Fredriksen, 1970).

Les sédiments peuvent être en grande partie contrôlés par la planification et certains aménagements. La planification vise à la localisation adéquate des jetées, des routes et des sentiers de débusquage et de débarbage. Une bande non perturbée d'au moins une dizaine de mètres doit être maintenue aux abords de tout cours d'eau d'importance. La bande sera élargie suivant la topographie et la fragilité du site. Cette mesure favorisera principalement la stabilisation des berges, la déposition hâtive des sédiments provenant de l'aire de coupe et restreindra la traversée des cours d'eau par la machinerie lourde.

Le dimensionnement des ponceaux doit prévoir le passage des eaux de crue. Il faut aussi intégrer dans son cal-

cul un coefficient de sécurité qui pallie à une éventuelle augmentation du débit suite à la coupe forestière et à une perte de capacité comme conséquence du remplissage. Au printemps, en prévision des crues, on doit s'assurer que les ponceaux sont dégagés des glaces et des débris afin de minimiser les sectionnements de routes, leur érosion et le transport de leurs sédiments vers les ruisseaux et les rivières.

Le nivelage d'entretien des routes doit être pratiqué de façon à leur donner et à maintenir une forme arrondie, laquelle permet l'écoulement rapide des eaux vers des fossés également bien drainés.

En terrain accidenté, il est souvent possible de construire des bassins de sédimentation au pied des pentes, en y creusant des fosses de dimensions adéquates.

Après la coupe, il est recommandé de détruire certains ponceaux et de retourner ainsi les ruisseaux à leur état naturel. Enfin, on devrait consolider les remblais et les déblais par des plantations ou des ensemencements de graminés.

B) LES DÉBRIS

Il est difficile de quantifier même approximativement les débris apportés dans les cours d'eau par les opérations

forestières. Une bonne partie est entraînée immédiatement par l'eau sur de longues distances, alors que des pièces plus ou moins importantes sont remaniées lors des crues printanières et souvent repoussées à l'extérieur du lit des rivières jusque sur les berges.

S'il est peu utile d'évaluer la quantité des débris, on connaît cependant leur origine. Ainsi, on construit des jetées en hiver alors que la neige est un obstacle à la localisation des cours d'eau ou de leurs rives. Dans ce cas comme dans celui des sentiers de débusquage ou de débardage qui traversent ou empruntent des cours d'eau, il y a abandon de déchets de toutes sortes. Il en est de même lors de l'abatage des arbres sur les rives.

Les débris créent des obstacles au déplacement des poissons et empêchent souvent leur accès à des kilomètres de cours d'eau propices à la fraie et à la croissance des alevins. D'autre part, ils nuisent à la migration des poissons qui fuient les zones impropres à leur survie.

De plus, les débris de petites dimensions colmatent les frayères et ceux de plus grandes dimensions peuvent littéralement racler le lit des cours d'eau et détruire des aires de fraie (McCrimmon, 1954; Bishop and Shapley, 1963; Helmers, 1966).

On peut réduire les débris en construisant les jetées en été plutôt qu'en hiver, ce qui permet de les mieux situer par rapport aux cours d'eau. La conservation à l'état naturel d'une largeur adéquate des rives bloquerait les cours d'eau comme voies d'accès, éviterait l'abandon de déchets de coupe sur l'emprise des crues et empêcherait l'utilisation irrationnelle des cours d'eau comme traverse.

C) LA TEMPÉRATURE

D'après Brown (1970), aucune augmentation de température attribuable à la coupe ne peut être détectée sur un ruisseau grâce à la conservation d'une bande de verdure le long de ses rives. De plus, Levno et Rothacher (1967) ont démontré que des accumulations importantes de débris sur un cours d'eau étaient suffisantes pour produire un ombrage efficace et empêcher une augmentation de la température de l'eau.

Brown (1969) a déterminé le bilan énergétique de deux cours d'eau dont les bassins avaient été coupés à blanc; sur l'un des cours d'eau, on avait rasé la végétation des rives et sur l'autre, on avait conservé les rives à l'état naturel. La figure 8 présente une comparaison entre les intensités de rayonnement solaire arrivant à la surface des deux cours d'eau. On constate l'effet protecteur de la végétation; en effet, la végétation capte l'énergie solaire alors

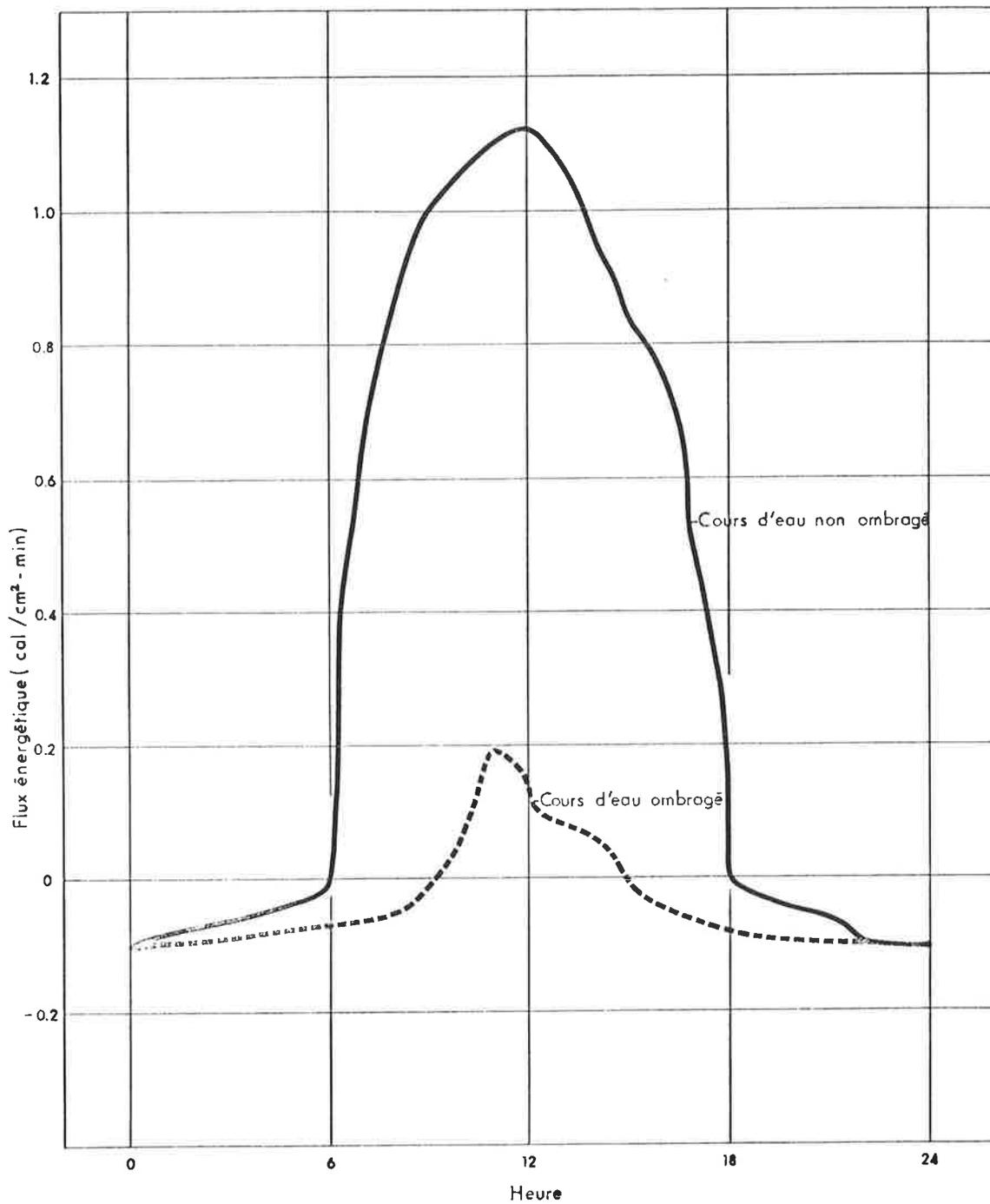


Fig. 8 - CYCLE JOURNALIER DU RAYONNEMENT NET ARRIVANT À LA SURFACE D'UN COURS D'EAU OMBRAGÉ ET NON OMBRAGÉ (BROWN, 1969).

que dans le cas d'une rivière à ciel ouvert, c'est l'eau qui emmagasine le rayonnement.

Sur l'aire d'étude, nous n'avons pu démontrer une différence significative de la température de l'eau provenant des bassins 5C, 5G et 5H. La bande de verdure du 5G et les débris déposés dans l'eau au 5H ont produit un ombrage effectif, réduisant le rayonnement à la surface de l'eau et le réchauffement de cette dernière.

D) LES ÉLÉMENTS NUTRITIFS

Les éléments nutritifs étudiés comprennent l'azote total, le carbone organique et les cations métalliques: fer, calcium, magnésium, sodium et potassium.

Etant donné la bonne corrélation trouvée entre les éléments nutritifs et les solides dissous totaux, ces derniers sont utilisés pour illustrer les variations rencontrées dans les bassins 5A, 5B et 5C en 1974 et dans les bassins 5A, 5B, 5C, 5G et 5H en 1975 (fig. 9 et 10).

On a constaté que la couleur de l'eau est étroitement liée à l'ensemble des solides dissous. A cet égard, on peut considérer la couleur comme un reflet du taux des éléments nutritifs présents dans l'eau. En général, on remarque que les augmentations des différents taux dans les bas-

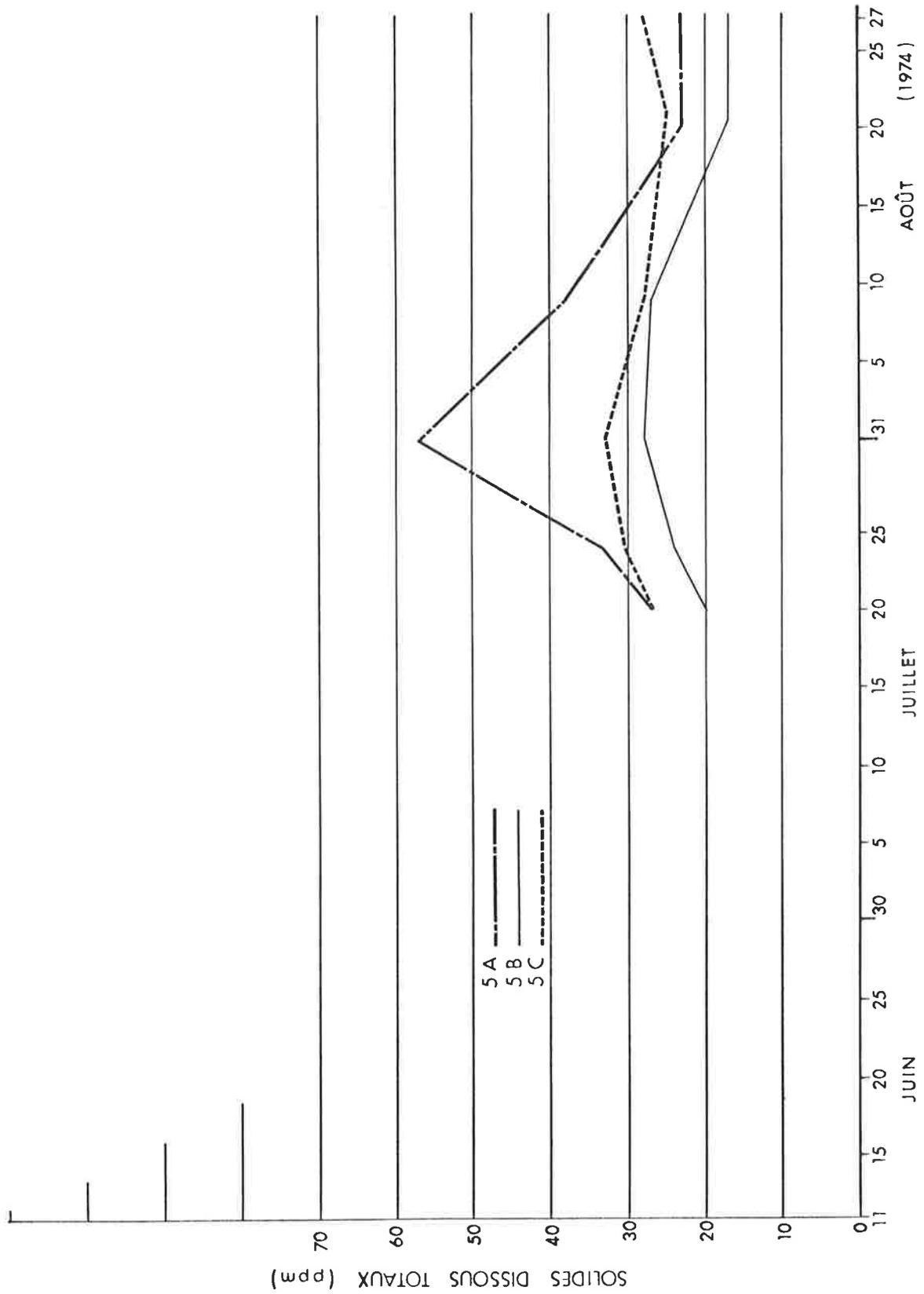


Fig. 9- CONCENTRATION DES SOLIDES DISSOUS TOTAUX (1974) .

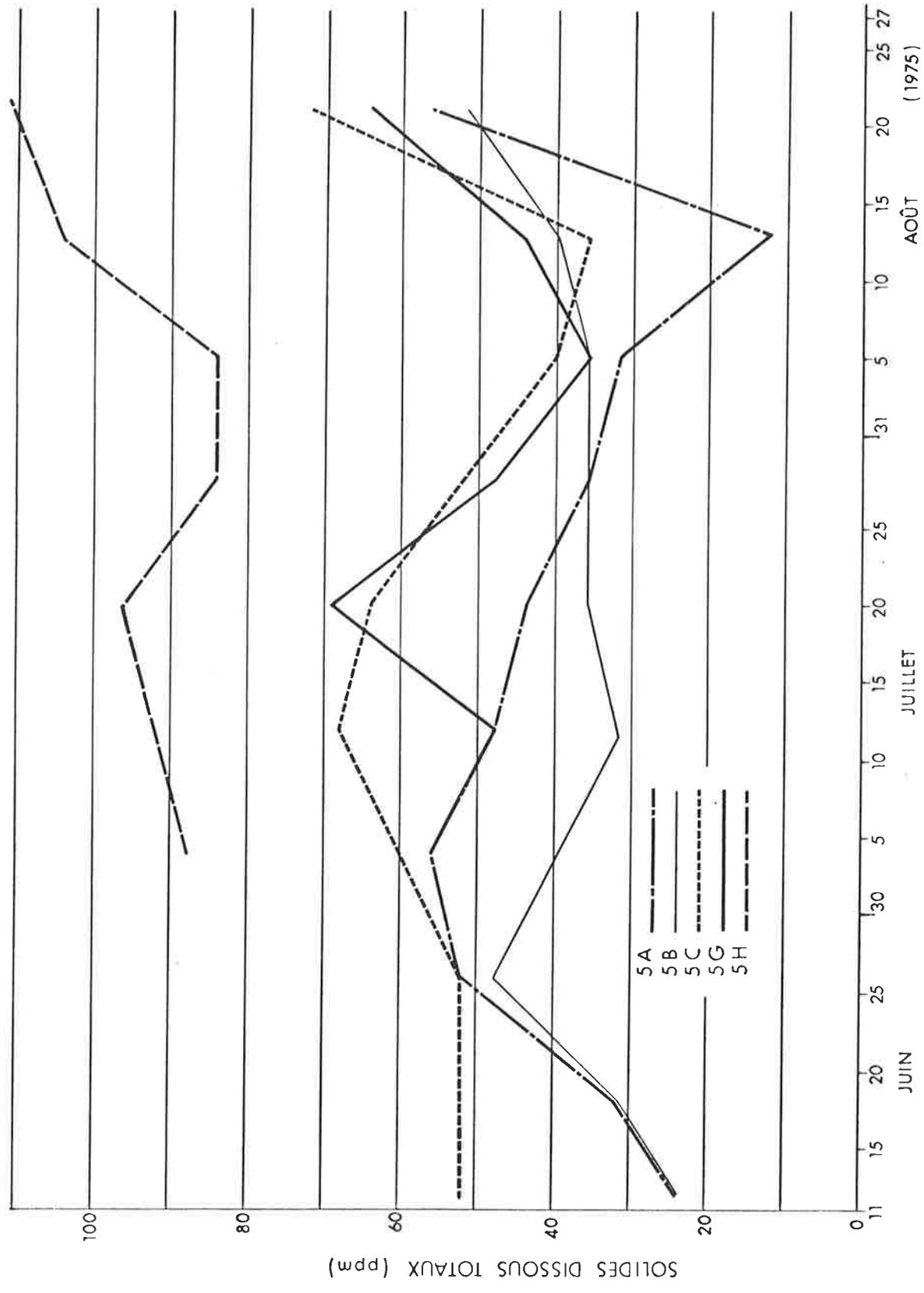


Fig. 10- CONCENTRATION DES SOLIDES DISSOUS TOTAUX (1975).

sins sont proportionnelles à l'intensité des coupes.

Comparativement à l'ensemble des bassins témoins, ou au bassin 5A, le bassin 5G (protégé par une bande de verdure) et le bassin 5H (non protégé) ont subi les augmentations ou diminutions de concentration d'éléments nutritifs indiqués au tableau II.

Les éléments nutritifs rencontrés dans les eaux des bassins coupés proviennent des eaux de percolation qui entraînent avec elles des éléments que la flore arborescente n'y puise plus, suite à son ablation. De plus, l'érosion apporte au cours d'eau des sédiments et des débris auxquels peuvent être attachés ou combinés plusieurs éléments chimiques (Fredriksen, 1970). Enfin, la décomposition des débris libère une grande variété d'éléments chimiques.

Il est difficile de faire un bilan de l'origine des éléments nutritifs dans un cours d'eau et en particulier de quantifier les apports dus à une modification du couvert forestier. Toutefois, l'ensemble de ces éléments est en bonne partie assimilé par divers organismes aquatiques et augmente la productivité du milieu en favorisant la croissance des algues, des insectes, des bactéries, etc.

La température favorisant la solubilité des éléments nutritifs provenant des sédiments et des débris, tous les aménagements limitant l'augmentation de celle-ci minimiseront la

TABLEAU II - Augmentation ou diminution de la concentration de certains éléments dans les bassins 5G (protégé) et 5H (non protégé par une bande verte) comparativement à la concentration dans le bassin 5A, ou à la concentration moyenne dans les bassins témoins. La valeur retenue est minimale.

CARACTÉRISTIQUES	AUGMENTATION dans 5G (en %)	MOYENNE APRÈS COUPE	AUGMENTATION dans 5H (en %)	MOYENNE APRÈS COUPE
Couleur (unité APHA)	73	197	460	640
Sodium (ppm)	38	1.3	69	1.7
Calcium (ppm)	41	3.1	50	3.3
Magnésium (ppm)	24	0.62	29	0.65
Potassium (ppm)	198	1.0	343	1.5
Fer (ppm)	42	0.16	4 006	4.62
Azote total (ppm)	45	0.38	140	0.63
Carbone organique (ppm)	- 15	12.7	52	23.0
Solides dissous totaux (ppm)	33	52.1	142	94.8

Quoique les changements exprimés en pourcentage soient élevés, les changements en valeurs absolues sont relativement faibles.

concentration de ces éléments nutritifs ainsi que le niveau de productivité.

E) LA CONDUCTIVITÉ

La conductivité n'est qu'un reflet de l'interaction de plusieurs autres paramètres. Elle est proportionnelle à la quantité de sels ionisables dans l'eau.

Les figures 11 et 12 illustrent les valeurs de la conductivité dans le temps, mesurées dans les bassins 5A et 5C durant l'été 1974 et dans les bassins 5A, 5C, 5G et 5H durant l'été 1975. Par rapport au bassin témoin (5A), l'augmentation des concentrations dans les eaux des bassins 5C, 5G et 5H, est respectivement de 9, 19 et 62 pour cent. La bande de verdure et la présence de lacs ont eu pour effet de réduire considérablement l'augmentation de la concentration dans le bassin 5G.

F) L'OXYGÈNE DISSOUS

Les figures 13 et 14 illustrent les taux d'oxygène dissous dans les bassins 5D (témoin) et 5C durant l'été 1974 et les bassins 5D, 5C, 5G et 5H durant l'été 1975. Tous les ruisseaux suivent la même tendance générale jusqu'au 10 août 1975; à cette date, les taux mesurés dans l'eau du bassin 5H

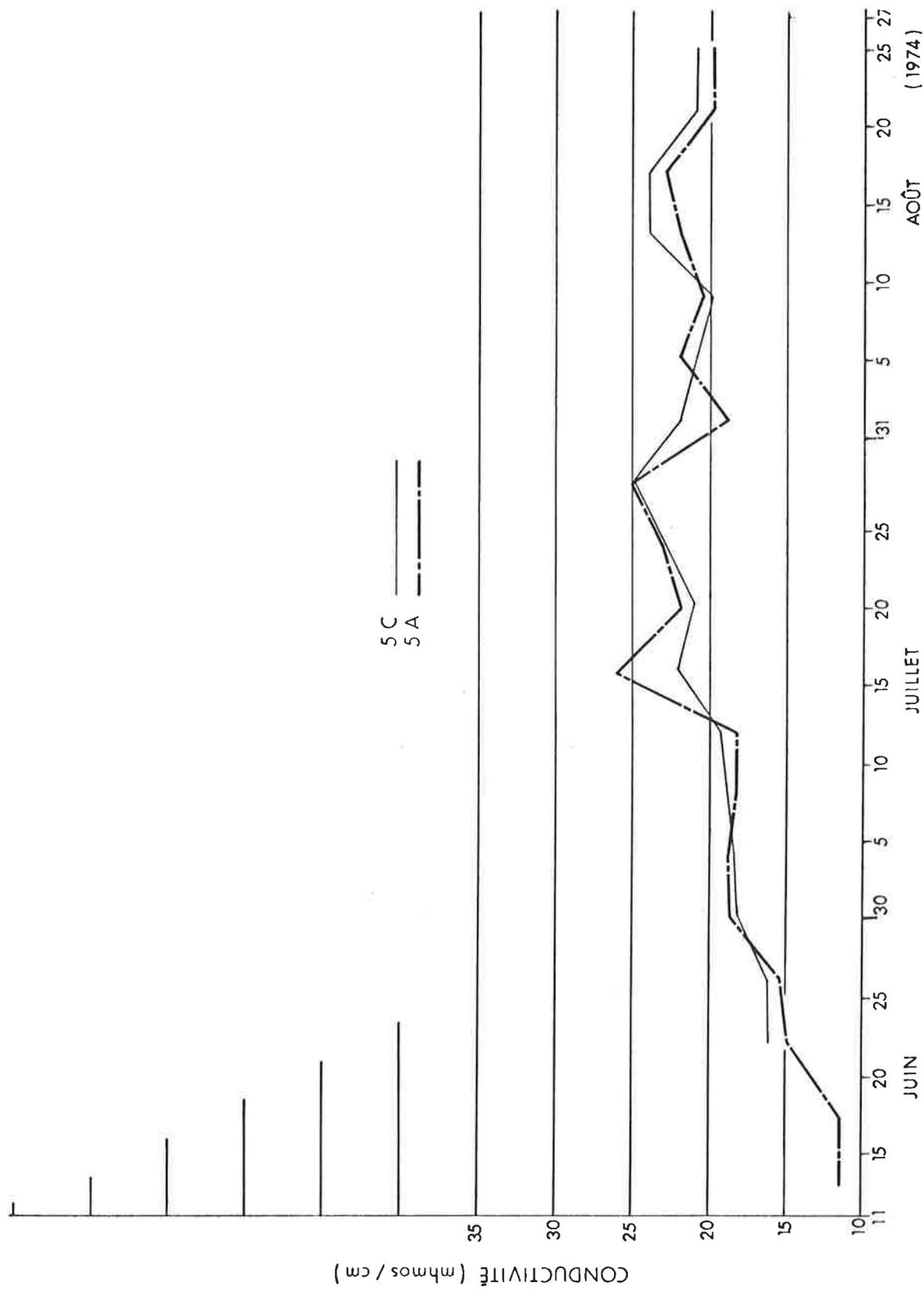


Fig. II- VALEURS DE LA CONDUCTIVITÉ (1974).

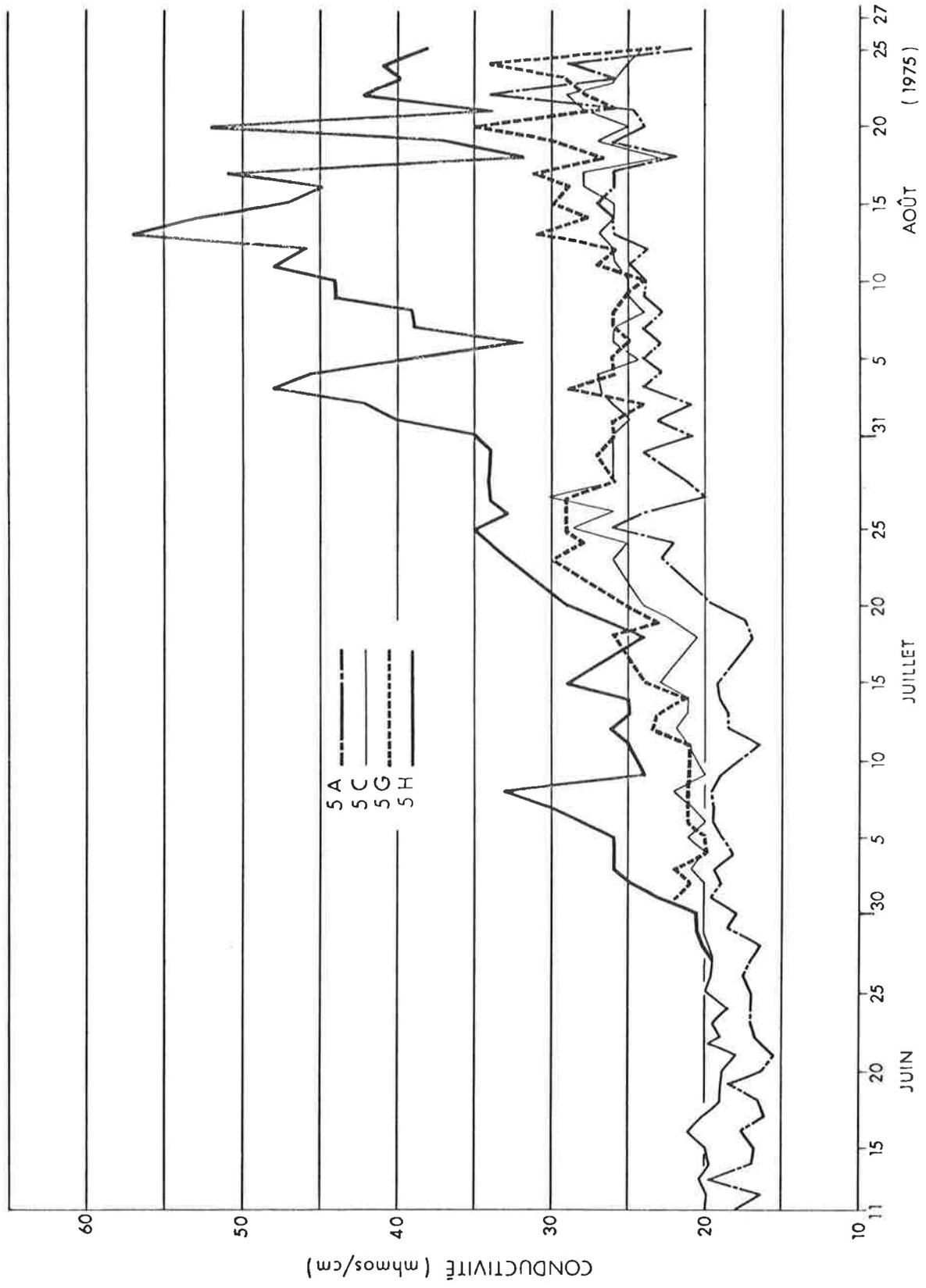


Fig. 12 - VALEURS DE LA CONDUCTIVITÉ (1975) .

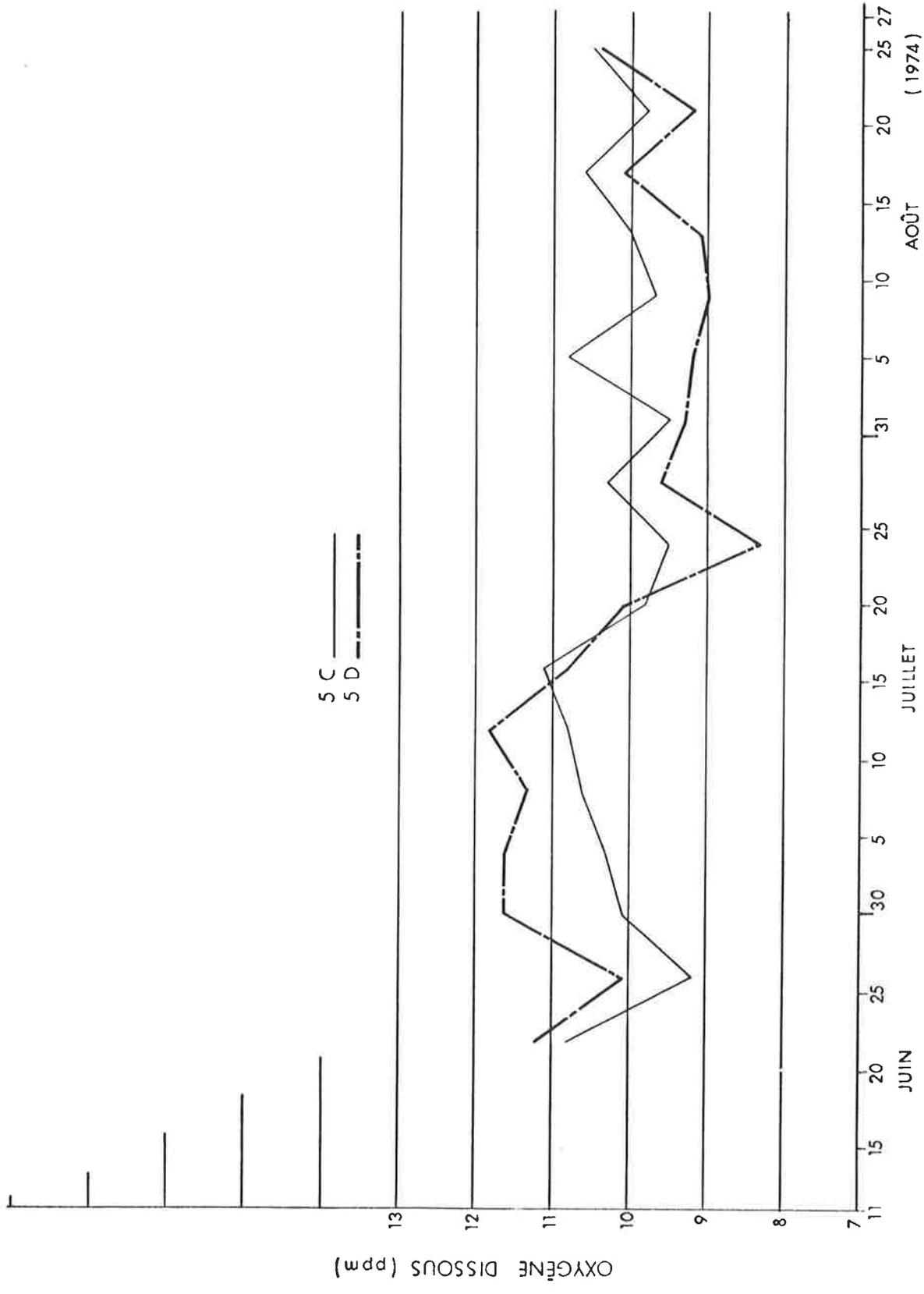


Fig. 13- CONCENTRATION DE L' OXYGÈNE DISSOUS (1974) .

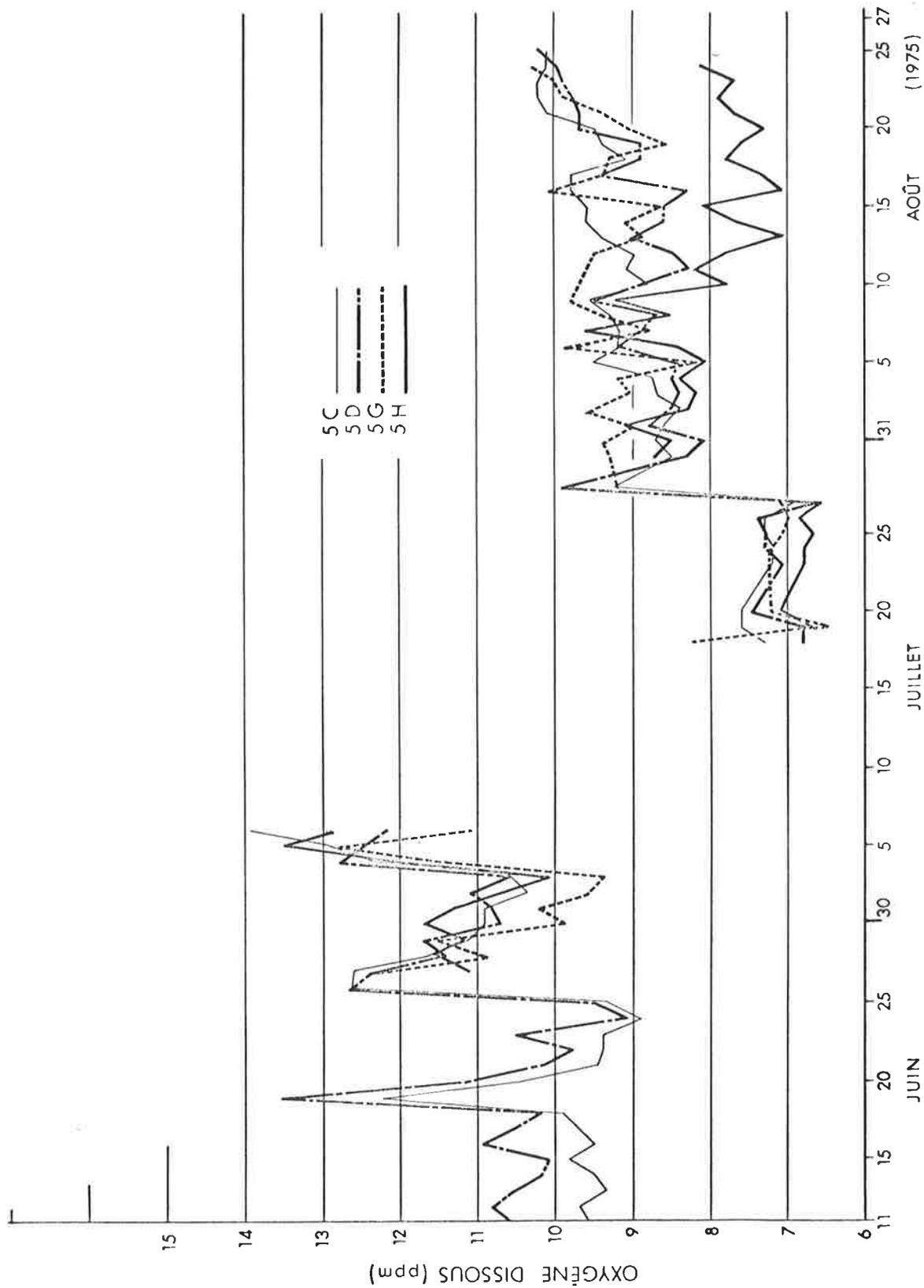


Fig. 14 - CONCENTRATION DE L'OXYGÈNE DISSOUS (1975).

s'écartent sensiblement de la moyenne de l'ensemble. En moins de deux semaines, la chute du taux d'oxygène dissous était de 2 ppm, soit une baisse de 1 ppm par semaine. Cette chute du taux d'oxygène dissous dans ce bassin, s'est produite en même temps que la croissance de la bactérie Sphaerotilus natans (Kützling, 1833) observée dans le ruisseau.

La diminution du taux d'oxygène dissous peut résulter de trois principaux phénomènes: les débris, la bactérie Sphaerotilus natans et la température de l'eau. La température de l'eau est le seul mécanisme physique qui puisse affecter directement le taux d'oxygène dissous, car la solubilité de celui-ci diminue avec une augmentation de la température. Cependant, la température n'est pas en cause dans cette étude.

La bactérie Sphaerotilus natans apparaît fréquemment dans les ruisseaux recevant des déchets d'usines: moulins à papier, raffineries de sucre, canneries, brasseries et égouts municipaux (Phaub, 1968). Sur la Côte Nord, elle a été identifiée en 1975 dans les ruisseaux dégradés par des accumulations importantes de sédiments et de débris, lesquels constituent une bonne source d'éléments nutritifs nécessaires à sa croissance. Selon Rasmussen (1955) elle impose un lourd fardeau au régime aquatique en captant une bonne partie de l'oxygène dissous. De plus, elle colmatte facilement le lit des ruisseaux, nuisant à une oxygénation favorable des oeufs

et des alevins. Etant donné que cette bactérie n'a pas été étudiée, il est impossible de conclure qu'elle est responsable de la chute d'oxygène ou que la chute d'oxygène a favorisé son développement.

Les débris ligneux demandent en 90 jours entre 560 et 1 168 mg d'O₂ par gramme sec de matériel pour leur décomposition (Stanley, 1974). Au lac Profond (camp 22), à cause des nombreux débris, on a mesuré dans un cours d'eau des concentrations de 1.9 ppm d'oxygène dissous, alors qu'à 300 mètres en amont, la concentration était de 8.9 ppm, soit une chute de 2.3 ppm/100m.

Une diminution importante du taux d'oxygène dissous affecte particulièrement les poissons, surtout si ceux-ci sont incapables de fuir le secteur perturbé. L'effet néfaste est encore plus marqué au niveau des oeufs et des alevins encore enfouis dans le gravier de la frayère.

Tous les aménagements visant à réduire l'ensoleillement direct, ainsi que l'apport des éléments nutritifs et des débris, favorisent le maintien de la concentration en oxygène dissous à un niveau acceptable.

G) LE pH

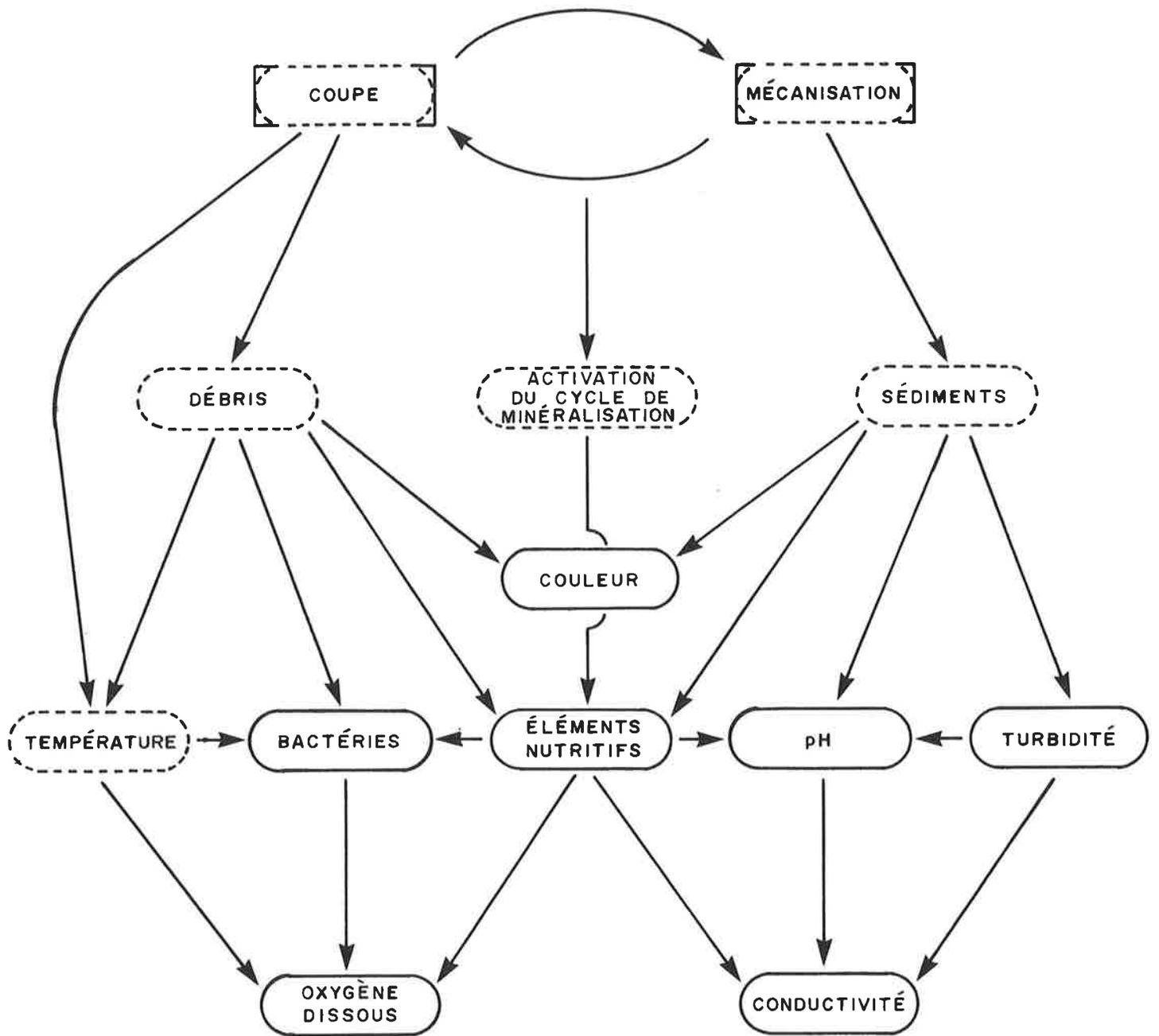
Le pH varie, suivant l'intensité de l'assimilation

chlorophyllienne, parfois d'une unité en une journée (Nisbet et Verneaux, 1970). Cet élément est lié en partie à la production végétale dans le cours d'eau. Les changements en 1975 par rapport au 5A, dans les bassins 5C, 5G et 5H sont respectivement de 1, 1 et -3 pour cent. Cette faible variation indique que la coupe forestière n'a pas encore affecté, ou n'affecte pas ou peu le pH de l'eau.

H) SCHÉMATISATION DES PARAMÈTRES

A la lumière des différentes interactions entre les caractéristiques physico-chimiques étudiées dans les bassins exploités, il est normal de séparer les paramètres en deux catégories: les paramètres directement influencés par la coupe d'une part, soit les débris, les sédiments, la température et une certaine quantité des éléments nutritifs, et les paramètres indirectement influencés par la coupe d'autre part, tels l'oxygène dissous, les bactéries, la conductivité et quelques éléments nutritifs. La figure 15 schématise ces paramètres.

On constate que les éléments affectant la qualité de l'eau proviennent de plusieurs facteurs: la température, les débris et les sédiments. De plus, l'ensemble des paramètres converge vers deux points d'intérêt: l'oxygène dissous et la conductivité. Il semble que les seules mesures de la conductivité et de l'oxygène dissous donneraient



----- ÉLÉMENT DIRECTEMENT AFFECTÉ PAR LES OPÉRATIONS FORESTIÈRES.
 ——— ÉLÉMENT INDIRECTEMENT AFFECTÉ PAR LES OPÉRATIONS FORESTIÈRES.

Fig. 15 - SCHÉMATISATION DES RELATIONS ENTRE LES ÉLÉMENTS ÉTUDIÉS.

un indice acceptable de l'impact de la coupe forestière sur la qualité de l'eau. Les taux de ces deux éléments sont faciles à mesurer et peuvent devenir un moyen simple de contrôle de la qualité de l'eau, dans le cadre d'une politique adéquate d'aménagement des bassins hydrographiques.

IV - CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude permet de démontrer qu'il est possible d'exploiter les ressources ligneuses de la Côte Nord, tout en minimisant la détérioration du milieu aquatique.

Cette étude indique que des aménagements adéquats réduisaient sensiblement l'apport d'éléments nutritifs dans les cours d'eau et annulaient pratiquement les augmentations des autres valeurs étudiées. Le contrôle des débris, des sédiments et de la température permet donc le contrôle des autres facteurs. En somme, les principaux points à surveiller lors des exploitations forestières afin de minimiser l'augmentation de la concentration des différents éléments sont les suivants:

1 - On doit conserver à l'état naturel ou rendre plus denses au moyen d'ensemencements ou de plantations, des bandes d'environ 10 mètres ou plus sur les rives des cours d'eau pour empêcher le rayonnement solaire direct et l'entrée de sédiments et de débris. Cette largeur de dix mètres a été

déterminée par des observations visuelles en terrain plat; c'est une largeur minimale pour isoler adéquatement le chevelu hydrographique des opérations forestières. Evidemment, cette largeur doit être augmentée avec la pente et la fragilité du milieu.

2 - La construction des routes et des ponceaux doit être exécutée de façon à minimiser le bouleversement du sol, principalement à proximité des traverses des ruisseaux. L'entretien adéquat de ces infrastructures réduira l'entrée des sédiments et des débris dans les cours d'eau.

3 - Le transport des bois, par rapport à la localisation des jetées et des sentiers de débusquage et de débardage doit être méticuleusement planifié afin de minimiser l'érosion des sols et le nombre des traverses à gué des cours d'eau.

4 - Dès la fin des exploitations, certains ponceaux doivent être détruits et les ruisseaux retournés à leur état naturel. La consolidation des routes et des déblais par des plantations ou des ensemencements est aussi recommandée parce qu'elle réduit l'érosion et le ravinement de façon substantielle.

Enfin, d'autres études peuvent être entreprises afin de déterminer (a) les augmentations ou diminutions (accepta-

bles) de la concentration des différents éléments dans l'eau, (b) la largeur optimale des bandes de verdure le long des ruisseaux et des rivières suivant la topographie et la fragilité du milieu, (c) le temps nécessaire à un bassin pour retrouver ses qualités naturelles suivant le degré de perturbation, et (d) le mode de coupe le plus favorable à la protection de la ressource EAU.

RÉFÉRENCES

- ALDERDICE, D.F. et al., 1972. *Guidelines for Water Quality Objectives and Standards*. Inland Waters Branch. Dept. of the Environment. Tech. Bull. 67, 156 p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1966. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Twelfth ed. N.Y., 769 p.
- BISHOP, D.M. and S.P. SHAPLEY, 1963. *Effects of Log-Debris Jams on Southeastern Alaska Salmon Streams*. In G. Dahlgren (ed.). *Proceeding 13th Alaska Sci. Conf. "Science in Alaska"*. 80 p. (Abstract).
- BROWN, G.W., 1969. *Predicting Temperatures of Small Streams*. *Water Resources Research*, 5(1): 68-75.
- BROWN, G.W., 1970. *Water Temperature in Small Streams as Influenced by Environmental Factors and Logging*. In *Forest Land Uses and Stream Environment Symposium*. Oregon State University, p. 175-181.
- CHURCH, M. and R. KELLERHALS, 1970. *Stream Gauging Techniques for Remote Areas Using Portable Equipment*. Dept. of Energy, Mines and Resources, Ottawa. Tech. Bull. 25, 89 p.
- ELLIS, N.M., 1936. *Erosion Silt as a Factor in Aquatic Environments*. *Ecology*, 17: 29-42.
- FREDRIKSEN, R.L., 1970. *Comparative Chemical Water Quality - Natural Disturbed Streams Following Logging and Slash Burning*. In *Forest Land Uses and Stream Environment Symposium*. Oregon State University, p. 125-137.
- GAGNON, R.M. et M.G. FERLAND, 1967. *Climat du Québec méridional*. Min. Rich. Nat. du Québec, Serv. Météo. M.P. 13, 93 p.
- HELMERS, A.E., 1966. *Some Effects of Log Jams and Flooding in a Salmon Spawning Stream*. North. Forest Ext. Sta. USDA Forest Serv. Res. Note NOR-14, 4 p.

- HOLTAN, H.N. et al, 1968. *Field Manual for Research in Agriculture Hydrology*. USDA Agriculture Res. Serv. Agriculture Handbook No. 224, 215 p.
- KÜTZING, F., 1833. *Sphaerotilus Natans, eine neue Süßwasserlage*, Linnaea 8: 385-387.
- LAVERDIÈRE, C., 1950. *La région de Sept-Iles, Côte Nord du Saint-Laurent*. Thèse maître ès art. Université de Montréal. Non publié, 252 p.
- LEVNO, A. and J.D. ROTHACHER, 1967. *Increased in Maximum Stream Temperatures after Logging in Old-Growth Douglas-Fir Watersheds*. Pac. NW Forest and Range Exp. Sta., Res. No. PNW-67, 12 p.
- MARIE-VICTORIN, 1964. *La flore laurentienne*. Les Presses de l'Université de Montréal, 925 p.
- MCCRIMMON, H.R., 1954. *Stream Studies on Planted Atlantic Salmon*. J. Fish. Res. Bd. Canada, 11: 362-403.
- NISBET, M. et S. VERNEAUX, 1970. *Composantes chimiques des eaux courantes*. Annales de limnologie, Paris 6(2): 161-190.
- PHAUB, J.D., 1968. *The Biology of Sphaerotilus Species*. Water Research. 2(9): 597-614.
- PHILLIPS, R.W., 1971. *Effects of Sediments on the Gravel Environment and Fish Production in Forest Land Uses and Stream Environment Symposium*. Oregon State University, p. 64-74.
- RASMUSSEN, C.J., 1955. *On the Effect of Sillage Juice in Danish Stream*. Vesh. Int. Ver. Limnol., 12: 819-822.
- SCHIEFER, K., 1972. *The Quebec North Shore: A Compilation of Information on Physical and Biological Features*. National Parks Service. Dept. of Indian Affairs and Northern Development. Ottawa, 85 p.
- STANLEY, L.P., 1974. *The Biochemical Oxygen Demand of Finely Divided Logging Debris in Stream Water*. Wat. Res. Res. 10(5): 983-988.
- TRAVERSY, W.J., 1971. *Methods for Analysis of Waters and Wastewaters*. Water Quality Division. Dept. Fish. Forest. Ottawa. 169 p.

