

Record Number: 1480
Author, Monographic: Couture, P.//Shoenert, R.//van Coillie, R.
Author Role:
Title, Monographic: Détermination et caractérisation de la fertilité et de la toxicité potentielles de quelques rivières transfrontalières Canada/Etats-Unis
Translated Title:
Reprint Status:
Edition:
Author, Subsidiary:
Author Role:
Place of Publication: Québec
Publisher Name: INRS-Eau
Date of Publication: 1982
Original Publication Date:
Volume Identification:
Extent of Work: 37
Packaging Method: pages
Series Editor:
Series Editor Role:
Series Title: INRS-Eau, Rapport de recherche
Series Volume ID: 147
Location/URL:
ISBN: 2-89146-145-2
Notes: Rapport annuel 1981-1982
Abstract: Rapport rédigé pour Environnement Canada
10.00\$
Call Number: R000147
Keywords: rapport/ ok/ dl

DETERMINATION ET CARACTERISATION
DE LA FERTILITE ET DE LA TOXICITE
POTENTIELLES DE QUELQUES RIVIERES
TRANSFRONTALIERES CANADA/ETATS-UNIS

Rapport scientifique no 147

par

Pierre Couture (Université du Québec, INRS-Eau)
Rolf Shoenert (Eco-Recherches Inc.)
Raymond Van Coillie (Eco-Recherches Inc.)

pour

Ministère des Approvisionnements et Services
Environnement Canada

Février 1982

**DETERMINATION ET CARACTERISATION
DE LA FERTILITE ET DE LA TOXICITE
POTENTIELLES DE QUELQUES RIVIERES
TRANSFRONTALIERES CANADA/ETATS-UNIS**

par

Pierre Couture (Université du Québec, INRS-Eau)

Rolf Shoenert (Eco-Recherches Inc.)

Raymond Van Coillie (Eco-Recherches Inc.)

pour

**Ministère des Approvisionnements et Services
Environnement Canada**

Février 1982

RESUME

Des bioessais avec algues (Selenastrum capricornutum) furent réalisés avec des eaux provenant de diverses rivières (Tomifobia, de la Roche, aux Brochets, Niger), du lac Massawippi et de la baie Missisquoi. Les stations étaient localisées près de la frontière Canada/Etats-Unis et furent échantillonnées une seule fois en juillet 1981.

Les objectifs spécifiques de la présente étude étaient (1) la caractérisation des potentiels de fertilité (PF), (2) l'identification des facteurs chimiques (NouP) limitatifs de la production primaire et (3) la mise en évidence des stations présentant un indice de toxicité.

Les résultats ont montré que la qualité des eaux est particulièrement dégradée à la baie Missisquoi et aux rivières de la Roche et aux Brochets (RB6). On soupçonne que les activités anthropiques ayant lieu sur ces bassins seraient responsables des fortes valeurs de PF mesurées. De plus, d'identification de l'azote en tant que facteur chimique du contrôle de la production de l'algue Selenastrum a confirmé l'état d'enrichissement des eaux et a mis en évidence l'influence des activités anthropiques.

La rivière Tomifobia se distingue des autres milieux par les faibles valeurs de PF mesurées à certaines stations (RT 20, RT 22 et RT 21) et par le fait que le phosphore serait limitatif à toutes les stations. Il n'en reste pas moins que la qualité des eaux de cette rivière est aussi affectée (à un degré moindre que les précédentes) par des activités anthropiques; les stations RT4 et RT 18 semblent particulièrement touchées par celles-ci.

Afin de mettre en évidence les teneurs en phosphore biodisponibles, les mesures de phosphore devraient être effectuées avant et après le bioessai selon la technique des chromatogrammes Sephadex pour distinguer la fraction colloïdale de la fraction ortho-phosphate. Sans une telle opération, toute toxicité décelée doit être interprétée avec prudence.

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
RESUME	i
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
1. CONTEXTE DE L'ETUDE	1
2. METHODE UTILISEE	5
2.1 Généralités	5
2.2 Techniques analytiques	5
2.3 Caractérisation du potentiel de fertilité	13
2.4 Facteur limitatif : N ou P	13
2.5 Toxicité	15
3. RESULTATS ET DISCUSSION	18
3.1 Potentiel de fertilité	18
3.2 N ou P : facteur chimique contrôlant la production ..	21
3.3 Toxicité	26
4. LITTERATURE CITEE	30
ANNEXE : DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES	34

LISTE DES FIGURESPAGE

- Figure 1 : Localisation des sites d'échantillonnage à la
rivière Tomifobia 2
- Figure 2 : Localisation des sites d'échantillonnage à la rivière
de la Roche et à la baie Missisquoi 3
- Figure 3 : Localisation des sites d'échantillonnage à la
rivière aux Brochets 4
- Figure 4 : Teneurs en phosphore total et en coliformes totaux aux
rivières Tomifobia et Niger et au lac Massawipi 20

LISTE DES TABLEAUXPAGE

Tableau 1	: Composition du milieu de culture	6
Tableau 2	: Etapes suivies lors de la réalisation des tests de fertilité	7
Tableau 3	: Procédure de nettoyage de la verrerie	9
Tableau 4	: Etapes suivies pour la détermination du poids sec d'une culture d'algues après 14 jours de croissance dans le milieu synthétique	11
Tableau 5	: Résultats des analyses pour la détermination du poids sec d'une cellule de <i>Selenastrum capricornutum</i>	12
Tableau 6	: Potentiel de fertilité des eaux de la rivière Tomifobia, de la rivière Niger et du lac Massawippi	16
Tableau 7	: Potentiel de fertilité des eaux de la rivière aux Brochets, de la rivière de la Roche et de la baie Missisquoi	17
Tableau 8	: Identification du facteur chimique (N,P,X) contrôlant la production de <i>Selenastrum capricornutum</i> .: rivière Tomifobia, rivière Niger et lac Massawippi	22

LISTE DES TABLEAUX (suite)PAGE

Tableau 9 :	Identification du facteur chimique, (N,P,X) contrôlant la production de <i>Selenastrum capricornutum</i> : rivière aux Brochets, rivière de la Roche et baie Missisquoi	23
Tableau 10 :	Rapport P _{Fc} /P _F des rivières Tomifobia, Niger et du lac Massawippi	27
Tableau 11 :	Rapport P _{Fc} /P _F des rivières aux Brochets, de la Roche et de la baie Missisquoi	28

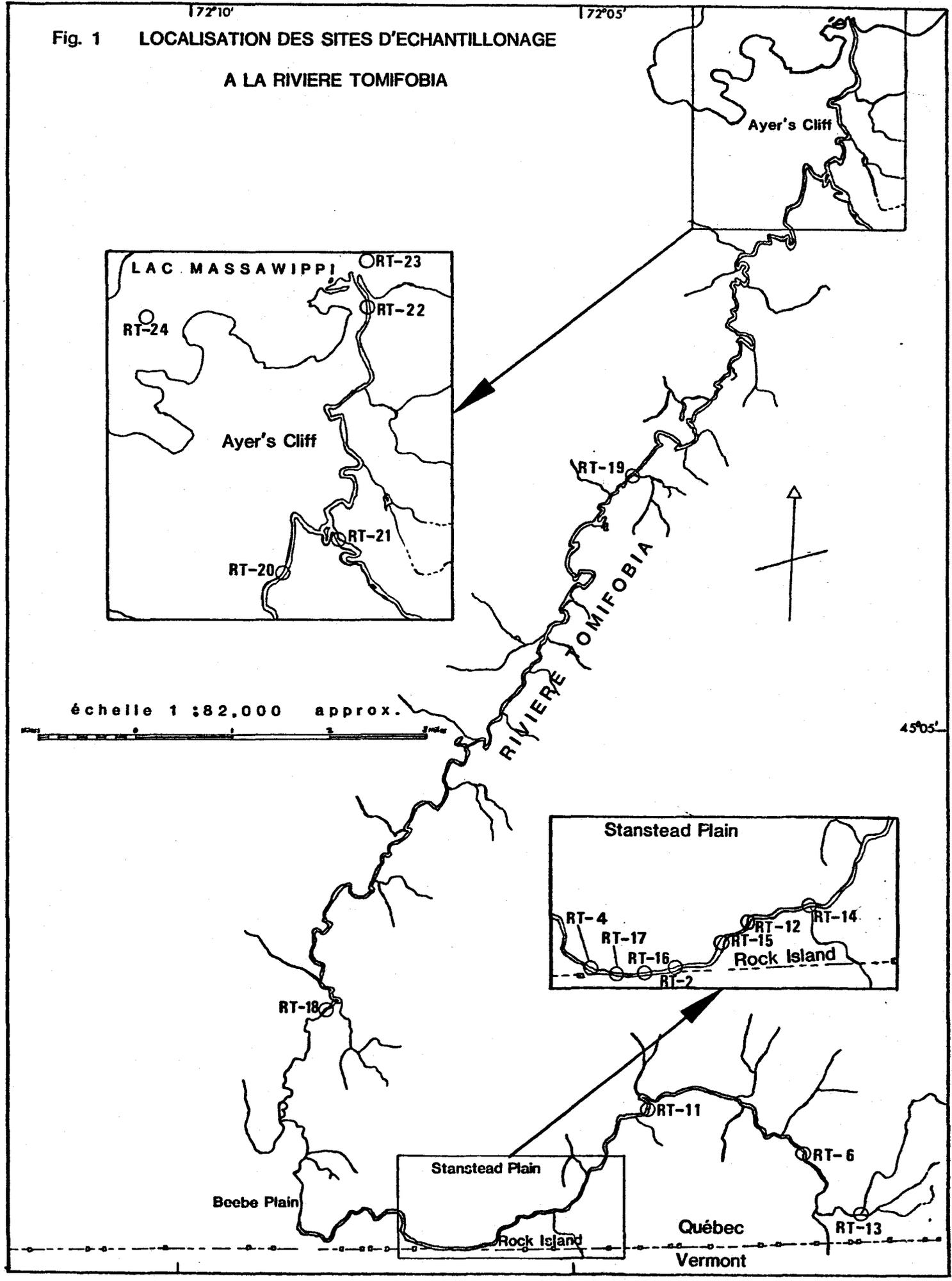
1. CONTEXTE DE L'ETUDE

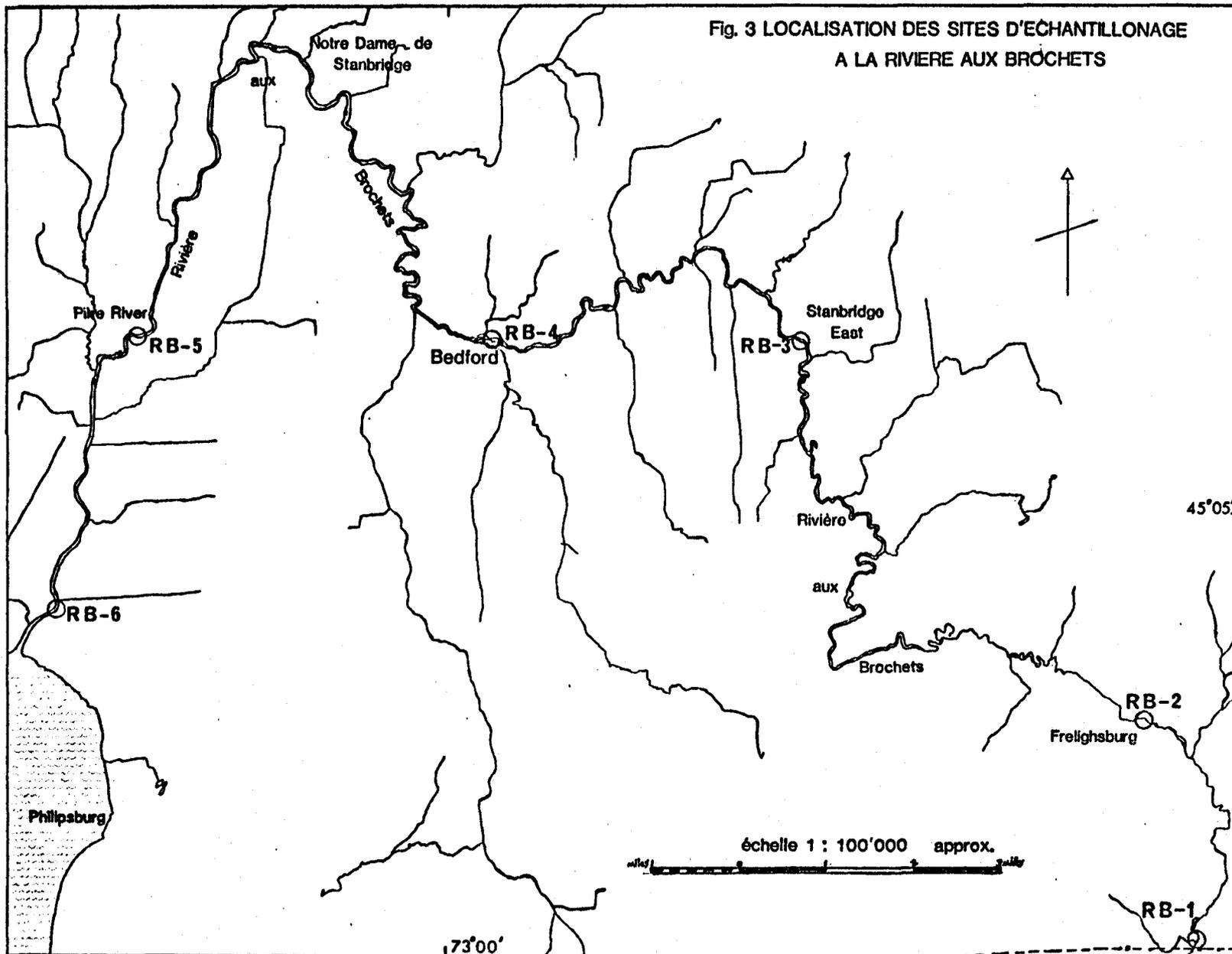
Depuis une dizaine d'années (USEPA, 1971), les essais biologiques avec algues permettent de mettre en évidence la présence de substances ayant un effet d'enrichissement ou encore d'intoxication sur le milieu aquatique (Couture, 1981). Dans le cadre des préoccupations d'Environnement Canada, la division "qualité des eaux" au sein de la direction générale des eaux intérieures porte attention à la qualité des eaux des bassins hydrographiques localisés près des frontières Canada/Etats-Unis; dans cette optique, elle a mandaté la présente étude afin d'évaluer la fertilité ou la toxicité potentielle de trois rivières trans-frontalières. Il s'agit des rivières Tomifobia, de la Roche et aux Brochets; l'étude englobe aussi des stations à la baie Missisquoi ainsi qu'une station sur la rivière Niger et deux autres sur le lac Massawippi. L'emplacement des stations d'échantillonnage apparaît aux figures 1, 2 et 3. Il y eut un prélèvement d'eau en juillet 1981 par une équipe de la division "qualité des eaux" d'Environnement Canada.

Les objectifs de la présente étude sont:

- i) la caractérisation des potentiels de fertilité à partir des indices d'enrichissement;
- ii) l'identification des facteurs chimiques (N ou P) limitatifs de la production phytoplanctonique;
- iii) la mise en évidence des stations présentant un indice d'intoxication des eaux pour le phytoplancton.

Fig. 1 LOCALISATION DES SITES D'ÉCHANTILLONAGE
A LA RIVIERE TOMIFOBIA





2. METHODE UTILISEE

2.1 Généralités

La fertilité et la toxicité furent déterminées à l'aide de bioessais avec l'algue verte unicellulaire *Selenastrum capricornutum*. Le choix de la méthode repose sur les critères suivants:

- i) la connaissance de la sensibilité et de la précision de la technique suite à son utilisation par divers chercheurs à travers le monde (Little, 1977; Chiaudani et Vighi, 1978);
- ii) la polyvalence d'emploi de l'espèce *Selenastrum capricornutum* qui, selon le protocole exploité, caractérise la fertilité ou la toxicité des eaux (Couture, 1981);
- iii) la représentativité des mesures vis-à-vis des composantes biotiques (phytoplancton) et abiotiques (azote, phosphore) de l'écosystème aquatique (Greene et al., 1975 et 1978; Campbell et al., 1982).

2.2 Techniques analytiques

La souche de *Selenastrum capricornutum* provenait de l'Université du Québec; elle était repiquée dans un milieu AAP modifié (tableau 1) toutes les semaines. Seules les cultures en phase exponentielle de croissance servaient lors des bio-essais.

TABLEAU 1

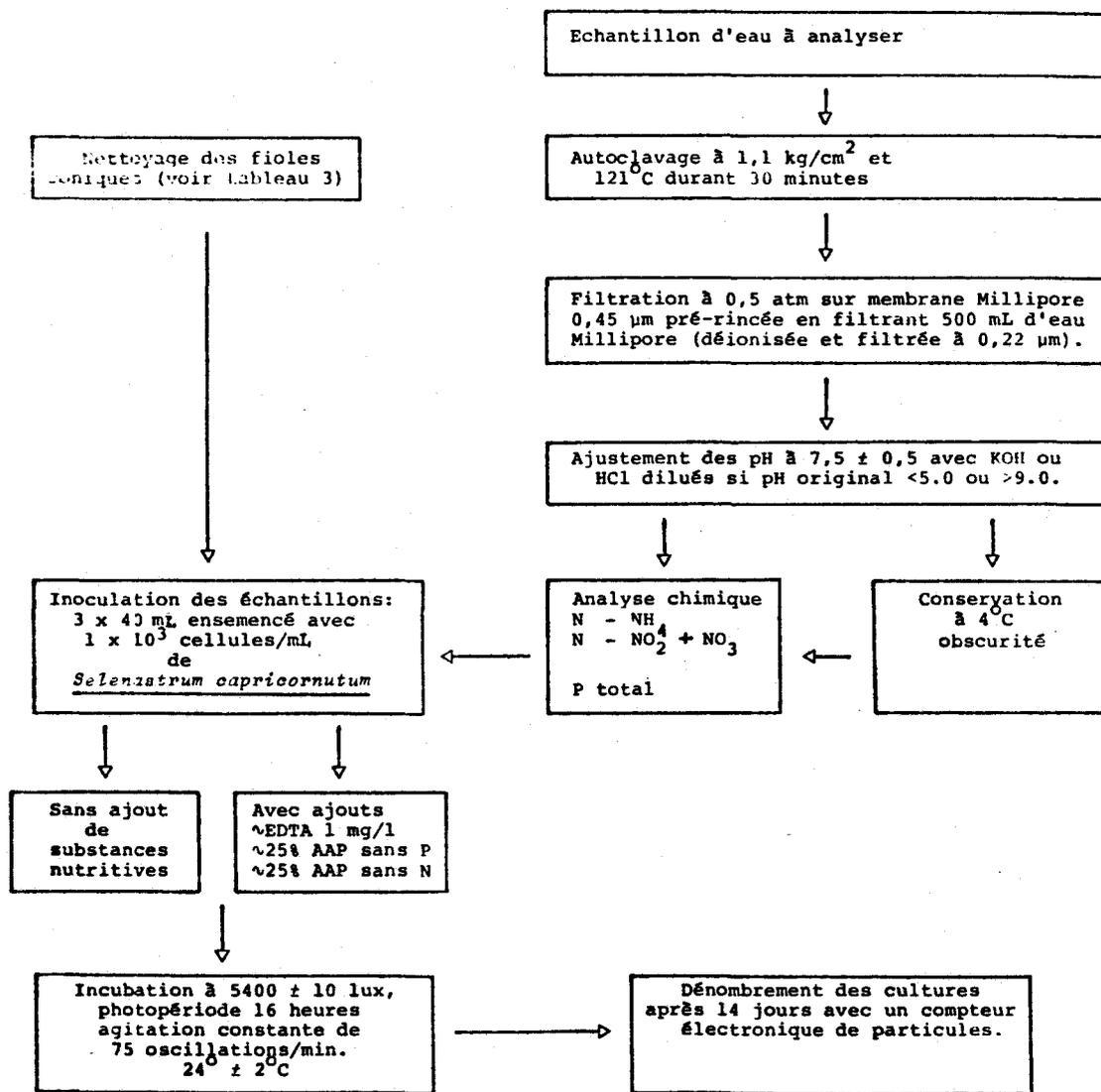
COMPOSITION DU MILIEU DE CULTURE *

ELEMENT	SOURCE	CONCENTRATION (MG/L)	ELEMENT	SOURCE	CONCENTRATION (µG/L)
N	NaNO ₃	4,200	B	H ₃ BO ₃	32,460
Na	NaHCO ₃	11,001	Mn	MnCl ₂ , 4H ₂ O	115,370
C	NaHCO ₃	2,143	Zn	ZnCl ₂	0,160
K	K ₂ HPO ₄	0,469	Co	CoCl ₂ , 6H ₂ O	0,070
P	K ₂ HPO ₄	0,186	Cu	CuCl ₂ , 2H ₂ O	0,004
S	MgSO ₄ , 7H ₂ O	1,911	Mo	Na ₂ MoO ₄ , 2H ₂ O	2,878
Mg	MgCl ₂ , 6H ₂ O	2,904	Fe	FeSO ₄ , 7H ₂ O	55,000
Ca	CaCl ₂ , 2H ₂ O	1,202			

* Il s'agit du milieu AAP 30% (USEPA, 1971) avec les modifications de Chiaudani et Vighi(1978).

TABLEAU 2

ETAPES SUIVIES LORS DE LA REALISATION DES TESTS DE FERTILITE



Les mesures du potentiel de fertilité étaient réalisées en suivant les étapes décrites au tableau 2 où l'on mentionne aussi les conditions expérimentales. Notons que les divers bio-essais étaient effectués en triplicata dans des fioles coniques de 125 mL contenant 40 mL d'eau. Une attention particulière était apportée à la verrerie pour empêcher des contaminations (tableau 3).

Chaque mesure étant faite en triplicata, on a précisé son coefficient de variation:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

où

CV : coefficient de variation
S : écart-type
 \bar{X} : moyenne arithmétique

Pour un CV <15%, la valeur du potentiel de fertilité de l'échantillon d'eau est établie d'après la moyenne arithmétique des trois mesures. Pour un CV ≥15%, une sélection de deux mesures est faite afin de ramener l'écart à moins de 15%; si, malgré cette sélection, l'écart reste ≥15%, les trois mesures sont rejetées comme le recommande la procédure standard APHA (1975). La norme de précision de ±15% a été adoptée à partir des travaux publiés par les chercheurs qui ont développé le test de fertilité (USEPA, 1971).

TABLEAU 3

PROCEDE DE NETTOYAGE DE LA VERRERIE

Les fioles coniques "Erlenmeyer" étaient soumises aux étapes suivantes de nettoyage:

- 1 - TREMPAGE 30 minutes dans solution (10%) de Décon 75 bouillant*
- 2 - BROSSAGE
- 3 - RINCAGE
 - eau du robinet (4 fois)
 - eau déminéralisée
- 4 - RINCAGE A L'ACIDE
 - HCl 10%
 - agitation
 - trempage 30 minutes
- 5 - STERILISATION
 - 15 minutes à 121°C et 1,1 kg/cm²
 - rangement

* L'étude de Bradshaw (1970) a établi l'efficacité de cet agent tensio-actif.

La valeur du potentiel de fertilité obtenue après dénombrement au compteur de particules est exprimé en nombre de cellules par mL. Afin de pouvoir caractériser cette valeur, il importe de la transformer pour l'exprimer en mg par litre. Cette opération est réalisée en utilisant la relation suivante: $PF = k\bar{X}$

ou:

PF= potentiel de fertilité en mg/L

\bar{X} = moyenne arithmétique des trois déterminations

k = poids moyen d'une algue en mg

La valeur k a été obtenue expérimentalement suite aux opérations décrites au tableau 4; les déterminations considérées pour le calcul de cette valeur apparaissent au tableau 5.

TABLEAU 4

ETAPES SUIVIES POUR LA DETERMINATION DU POIDS SEC
D'UNE CULTURE D'ALGUES APRES 14 JOURS DE CROISSANCE
DANS LE MILIEU SYNTHETIQUE

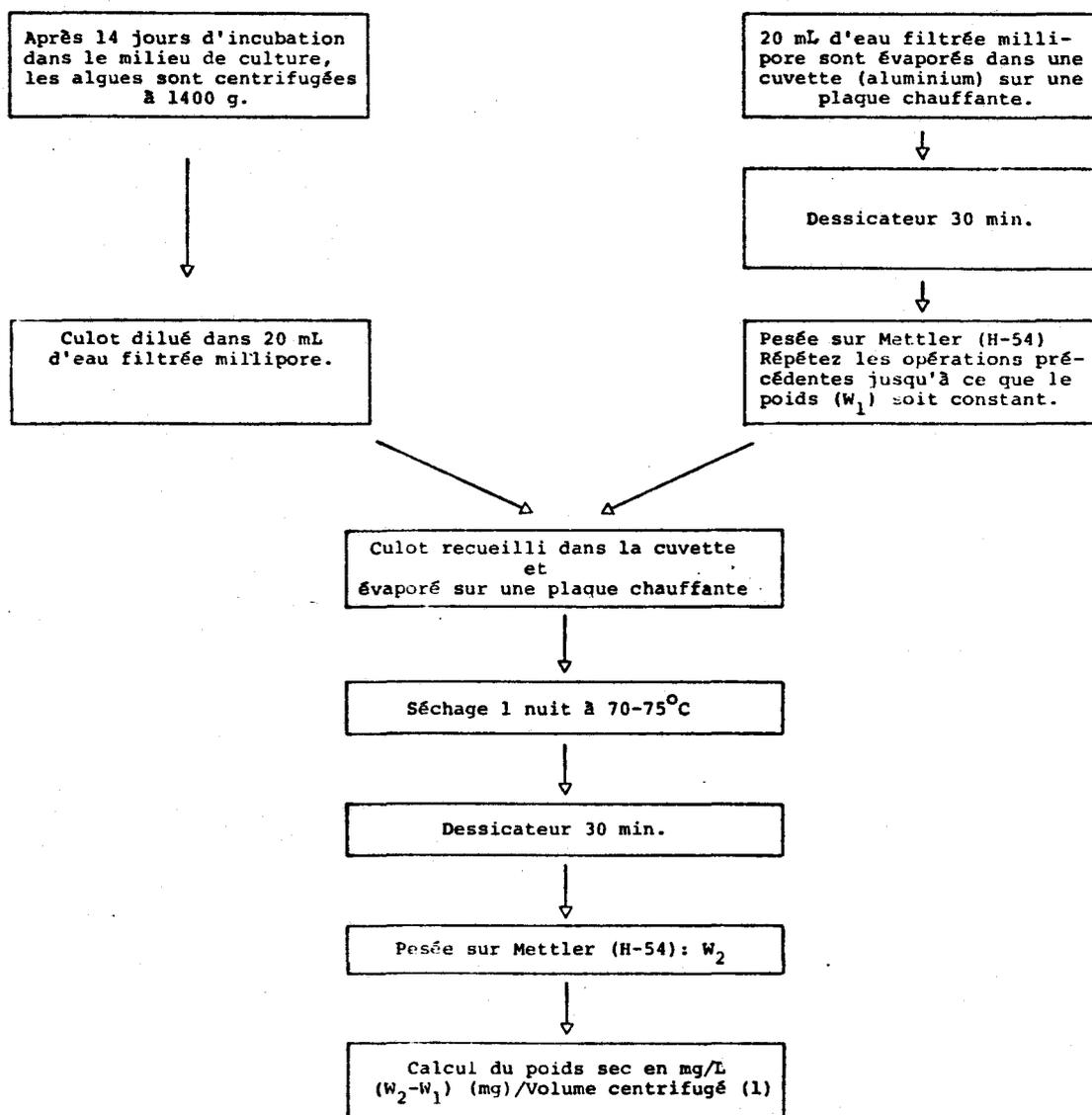


TABLEAU 5

RESULTATS DES ANALYSES POUR LA DETERMINATION
DU POIDS SEC D'UNE CELLULE DE *Selenastrum capricornutum*

POIDS SEC mg/L	NOMBRE DE CELLULES N/L	POIDS D'UNE CELLULE mg
102	4.78×10^6	2.13×10^{-8}
121	5.18×10^6	2.34×10^{-8}
121	5.33×10^6	2.27×10^{-8}

Poids moyen $\sim 2,25 \times 10^{-8}$ mg/cellule

2.3 Caractérisation du potentiel de fertilité

Les valeurs de PF furent caractérisées à l'aide des indices d'enrichissement (INRS-Eau, 1976) basés sur la notion des indices de productivité développés et appliqués aux lacs par Miller et al. (1974) et aux rivières par Greene et al. (1975b). Quatre niveaux étaient retenus à cette fin:

1. faible : si $PF \leq 0,1$ mg d'algues/L;
2. moyen : si $PF > 0,1$ et $\leq 0,8$ mg d'algues/L;
3. modérément élevé : si $PF > 0,8$ et ≤ 6 mg d'algues/L;
4. élevé : si $PF > 6$ mg d'algues/L.

2.4 Facteur limitatif : N ou P

L'identification du facteur chimique limitatif de la production de *Selenastrum capricornutum* a été précisée selon une technique développée en eau de mer par Berland et al. (1976) et appliquée en eau douce par Couture et al. (1981b). La méthode consiste à mesurer la croissance de l'algue dans des échantillons d'eau enrichis en substances nutritives. Deux types de milieu sélectifs étaient utilisés;

1. l'échantillon d'eau + milieu AAP (25%) sans phosphore
2. l'échantillon d'eau + 0,25 milieu AAP (25%) sans azote.

Les échantillons enrichis étaientensemencés et incubés, tel que décrit précédemment (tableau 2). Des coefficients de stimulation furent déterminés à partir des formules suivantes:

- le coefficient de stimulation de croissance obtenu avec un ajout du milieu AAP sans phosphore:

$$AAP-P = \frac{PF_{AAP-P}}{PF}, \text{ où } PF_{AAP-P} \text{ est le}$$

potentiel de fertilité de l'échantillon d'eau enrichi avec le milieu AAP sans phosphore et PF le potentiel de fertilité de l'échantillon d'eau non enrichi.

- le coefficient de stimulation de croissance obtenu avec un ajout du milieu AAP sans azote:

$$AAP-N = \frac{PF_{AAP-N}}{PF}, \text{ où } PF_{AAP-N} \text{ est le}$$

potentiel de fertilité de l'échantillon d'eau du milieu AAP sans azote.

Le caractère limitatif de l'azote ou du phosphore fut mis en évidence à partir de ces coefficients. A la suite des considérations de Berland et al. (1974) et Sachdev et Clesceri (1978), on considère qu'une valeur de ces coefficients ≥ 1.3 indique une stimulation significative de la croissance. L'azote sera en concentration limitative lorsque:

$$AAP-N < AAP-P \geq 1,3$$

Par ailleurs, on identifiera le caractère limitatif du phosphore lorsque:

$$AAP-P < AAP-N \geq 1,3$$

2.5 Toxicité

Selon une technique expérimentée antérieurement par Couture et al. (1981a), on détermina et analysa à cette fin des rapports PF_c/PF où:

PF_c biomasse d'algues calculée (mg/L) à partir des concentrations en azote inorganique ou en phosphore inorganique de l'échantillon d'eau (Miller et al., 1974; Greene et al., 1975a; Chiaudani & Vighi, 1978); la biomasse calculée est obtenue à partir des équations suivantes:

$$PF_c = |Nt_i| \times 38 \quad (\text{Greene } \underline{\text{et al.}}, 1975b)$$

ou bien:

$$PF_c = |Pt_i| \times 0,43 \quad (\text{Greene } \underline{\text{et al.}}, 1975b)$$

où

$|Nt_i|$ = concentration en azote total inorganique
(mg N/L)

$|Pt_i|$ = concentration en phosphore total inorganique (mg P/L)

Le choix de l'équation s'effectue selon que l'azote ou le phosphore est le facteur de contrôle de la production primaire.

Un phénomène toxique était décelé lorsque la biomasse d'algues calculée était significativement supérieure à la biomasse d'algues mesurée, soit:

$$PF_c/PF \geq 1,3$$

TABLEAU 6

POTENTIEL DE FERTILITE DES EAUX DE LA RIVIERE TOMIFOBIA
DE LA RIVIERE NIGER ET DU LAC MASSAWIPPI

Station (Amont vers aval)	Potentiel de fertilité PF (mg algues/L)	Niveau d'enrichissement*
A) Rivière Tomifobia		
RT 13	1,82	3
RT 6	1,91	3
RT 11	4,43	3
RT 14	3,65	3
RT 12	2,21	3
RT 15	5,42	3
RT 2	1,06	3
RT 16	3,78	3
RT 17	6,82	4
RT 4	14,51	4
RT 18	12,76	4
RT 19	1,04	3
RT 20	0,09	1
RT 22	0,56	2
B) Rivière Niger		
RT 21	0,07	1
C) Lac Massiwippi		
RT 23	1,19	3
RT 24	9,05	4

* Niveau d'enrichissement d'après Miller et al. (1974):

1: Faible -----	PF \leq 0,1 mg algues/L
2: Moyen -----	0,1 < PF \leq 0,8 mg algues/L
3: Modérément élevé -----	0,8 < PF \leq 6,0 mg algues/L
4: Très élevé -----	PF > 6,0 mg algues/L

TABLEAU 7

POTENTIEL DE FERTILITE DES EAUX DE LA RIVIERE AUX BROCHETS,
DE LA RIVIERE DE LA ROCHE ET DE LA BAIE MISSISQUOI

Station (Amont vers aval)	Potentiel de fertilité PF (mg algues/L)	Niveau d'enrichissement*
A) Rivière aux Brochets		
RB 1	5,06	3
RB 5	4,64	3
RB 6	42,62	4
B) Rivière de la Roche		
RDR 6	16,70	4
RDR 2	12,33	4
RDR 3	5,94	3
RDR 7	11,45	4
RDR 8	12,42	4
RDR 1	6,48	4
RDR 9	22,10	4
C) Baie Missisquoi		
BM 7	12,38	4
BM 1	16,33	4
BM 8	13,97	4
BM 10	27,33	4
BM 9	6,05	4
BM 4a	3,67	3

* Niveau d'enrichissement d'après Miller et al. (1974):

1: Faible - - - - -	PF \leq 0,1mg algues/L
2: Moyen - - - - -	0,1 < PF \leq 0,8mg algues/L
3: Modérément élevé - - - - -	0,8 < PF \leq 6,0mg algues/L
4: Très élevé - - - - -	PF > 6,0mg algues/L

Cette norme, fixée en considérant la précision de 15% inhérente à ce test biologique (EPA, 1971), est plus sévère que celle établie par Berland et al. (1974) et Sachdev et Clesceri (1978).

On tenta aussi de mettre en évidence la présence d'une toxicité inorganique à partir d'expériences réalisées sur des échantillons d'eau auxquels on ajouta du Na_2EDTA (1mg/L).

Cette substance chélatrice modifie la disponibilité des éléments toxiques inorganiques en formant des complexes avec ces derniers et diminue ainsi subséquemment la toxicité du milieu vis-à-vis des algues. Ceci peut être mis en évidence par le rapport $\text{PF}_{\text{edta}}/\text{PF}$ où

PF_{edta} : biomasse d'algues mesurée (mg/L) dans les échantillons auxquels l'EDTA a été ajouté.

Une valeur $\text{PF}_{\text{edta}}/\text{PF} \geq 1,3$ révèle la présence de substances toxiques inorganiques dans le milieu (Greene et al., 1976; Chiaudani et Vighi, 1978).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Potentiel de fertilité

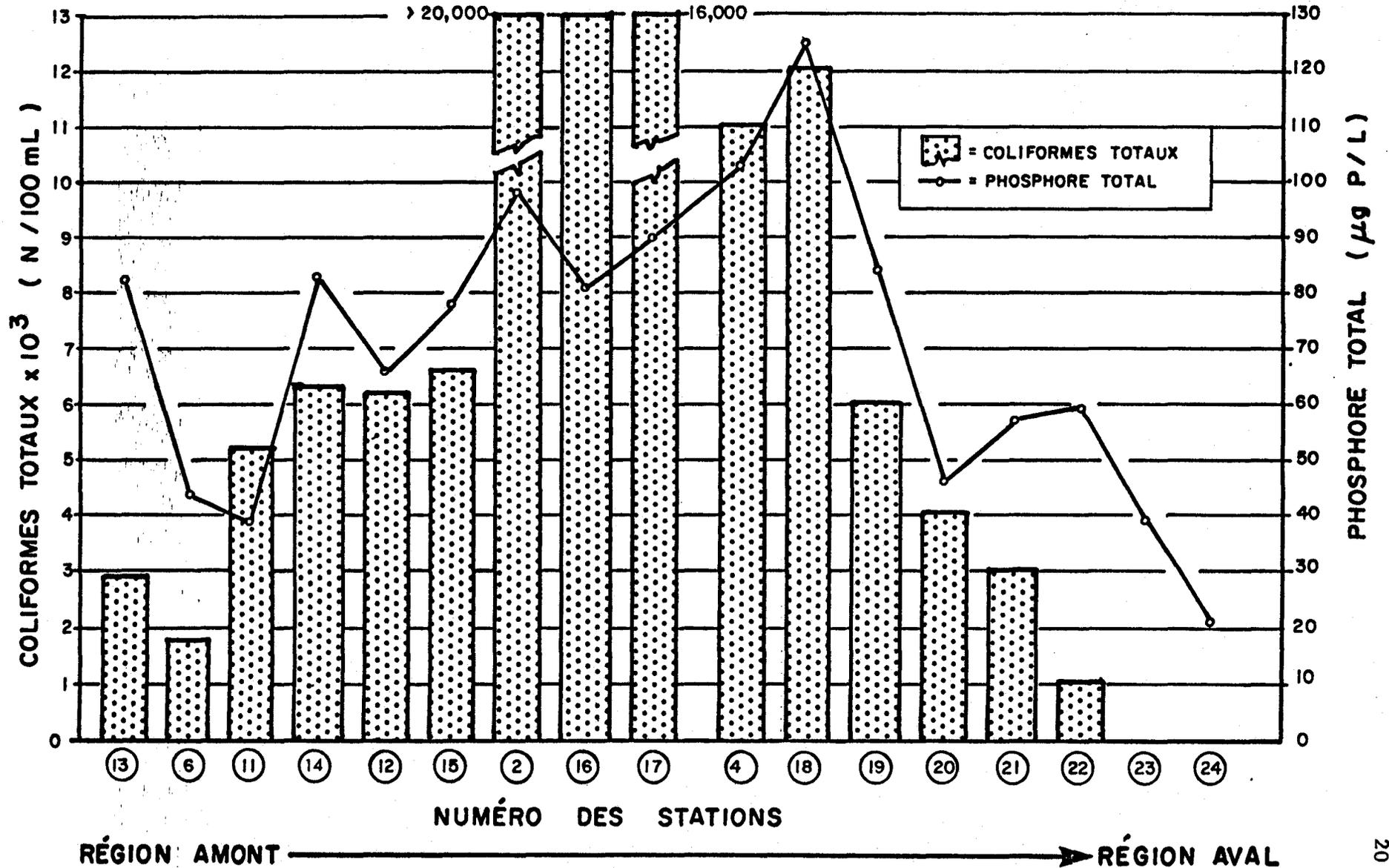
Les résultats de PF obtenus indiquent qu'au niveau de l'enrichissement en substances nutritives, les stations présentent dans leur ensemble des niveaux variant entre modérément élevés et élevés (tableaux 6 et 7). Ces niveaux d'enrichissement sont représentatifs de milieu eutrophe comme l'ont montré Miller et al. (1974) pour des systèmes lentiques et Greene et al. (1975b) pour des systèmes lotiques.

Mentionnons également que toutes les stations localisées dans un système lotique (i.e. lac Massawippi et baie Missisquoi) ont des PF \gg 1mg/L. Cette valeur (1mg/L) est considérée par Katko (1975) comme une norme au delà de laquelle la qualité des eaux d'un lac est affectée.

Seuls les PF des stations RT20 et RT22 sur la rivière Tomi-fobia et celle de la rivière Niger RT21 sont nettement inférieurs aux autres valeurs. Il semblerait donc que l'influence de l'utilisation anthropique du territoire qui se manifeste dans la région plus en amont (exemple stations RT17, RT4 et RT18) ne se manifeste plus dans cette section de la rivière près de son confluent avec le lac Massawippi. Ce phénomène est mis en évidence en comparant les teneurs en phosphore total et en coliformes totaux¹ des trois stations RT20, RT21 et RT22 avec celles des stations plus en amont (RT2, RT16, RT17, RT4, RT18 et RT19) où l'influence des agglomérations de Rock Island, Stanstead Plain ou Beebe Plain se manifeste (figure 4). Dans la région du confluent de la rivière avec le lac (station RT23), on note l'influence de la rivière sur le lac: le PF de la station RT23 (1,19mg/L) est davantage associable à celui de la station RT22 (0,56mg/L) qu'à celui du lac Massawippi (RT24) où le PF est élevé (9,05mg/L).

1 Les valeurs autres que celles des biomasses d'algues obtenues à l'intérieur des bio-essais furent fournies par Environnement Canada.

Fig. 4 TENEURS EN PHOSPHORE TOTAL ET EN COLIFORMES TOTAUX AUX RIVIERES TOMIFOBIA (2 à 20, 22), NIGER (21) ET AU LAC MASSAWIPPI (23-24).



Les activités anthropiques seraient aussi fortes sur le bassin de la rivière de la Roche; elles se reflètent par les teneurs très élevées en phosphore total (entre 93 et 151 $\mu\text{g/L}$) ou en coliformes totaux (entre 1800 et 7100 cellules/100 mL). Ceci pourrait être relié à l'activité agricole locale répartie sur le bassin versant et distribuée autour de St-Armand Station.

Une situation identique se retrouve à la rivière aux Brochets où, à la station RB 6, on rencontre la plus forte valeur de PF (42,62 mg/L). A noter ici que les teneurs en phosphore total varient entre 52 et 227 $\mu\text{g/L}$ alors que la contamination en coliformes totaux n'apparaît qu'à la station RB 1. Quant au lac Champlain, où plus précisément à la baie Missisquoi, même si la contamination en coliformes n'apparaît plus, les teneurs en phosphore traduisent aussi un milieu eutrophe avec des valeurs variant entre 57 et 99 $\mu\text{g/L}$.

Mentionnons enfin que les hausses de PF liées aux activités anthropiques ont été davantage explicitées dans des études antérieures aux bassins versants des rivières Yamaska et Saint-François (Couture, 1981a) ou encore lors d'expériences liées à la mise en eau des réservoirs (Couture, 1981; Couture et al., 1981b; Van Coillie et al., 1981).

3.2 N ou P : facteur chimique contrôlant la production

Les résultats (tableaux 8 et 9) mettent en évidence que, pour l'ensemble des stations situées sur la rivière Tomifobia et certaines sur la rivière de la Roche, les teneurs en phosphore sont limitatives pour la croissance de l'algue

TABLEAU 8

IDENTIFICATION DU FACTEUR CHIMIQUE (N, P, X)* CONTROLANT
 LA PRODUCTION DE *Selenastrum capricornutum*:
 RIVIERE TOMIFOBIA, RIVIERE NIGER ET LAC MASSAWIPPI

Station (Amont vers aval)	AAP-P	AAP-N	$\frac{PF_{EDTA}}{PF}$	Facteur limitatif
	$\left \frac{PF_{AAP-P}}{PF} \right $	$\left \frac{PF_{AAP-N}}{PF} \right $		
A) Rivière Tomifobia				
RT 13	-	7,3	1,1	P
RT 6	1,3	15,1	1,1	P
RT 11	-	6,3	1,1	P
RT 14	0,9	9,5	0,9	P
RT 12	0,9	14,8	1,2	P
RT 15	1,0	5,4	1,2	P
RT 2	1,2	29,6	1,5	P,X
RT 16	0,8	9,4	1,2	P
RT 17	0,9	3,7	1,0	P
RT 4	0,9	2,1	1,0	P
RT 18	0,9	3,0	1,0	P
RT 19	1,3	38,8	1,5	P,X
RT 20	0,5	507,0	2,8	P,X
RT 22	1,8	53,6	1,4	P,X
B) Rivière Niger				
RT 21	1,3	362,0	0,7	P
C) Lac Massawippi				
RT 23	1,3	13,1	1,4	P,X
RT 24	0,8	1,9	0,9	P

- * Si AAP-N < AAP-P $\geq 1.3 \Rightarrow$ N est en concentration limitative
 Si AAP-P < AAP-N $\geq 1.3 \Rightarrow$ P est en concentration limitative
 Si $\frac{PF_{EDTA}}{PF} = \geq 1.3 \Rightarrow$ présence probable de toxique inorganique (X)
 - Valeur rejetée: CV $\geq 15\%$

TABLEAU 9

IDENTIFICATION DU FACTEUR CHIMIQUE (N, P, X)* CONTROLANT
 LA PRODUCTION DE *Selenastrum capricornutum*:
 RIVIERE AUX BROCHETS, RIVIERE DE LA ROCHE ET BAIE MISSISQUOI

Station (Amont vers aval)	AAP-P		AAP-N		$\frac{PF_{EDTA}}{PF}$	Facteur limitatif
	$\left \frac{PF_{AAP-P}}{PF} \right $		$\left \frac{PF_{AAP-N}}{PF} \right $			
A) Rivière aux Brochets						
RB 1	0,6		4,1		1,3	P, X
RB 5	0,8		1,2		1,1	**
RB 6	1,9		1,2		1,2	N
B) Rivière de la Roche						
RDR 6	1,0		0,8		1,0	**
RDR 2	0,8		0,9		1,1	**
RDR 3	0,6		3,1		1,1	P
RDR 7	0,6		1,0		1,3	X
RDR 8	0,7		1,0		1,0	**
RDR 1	0,8		3,8		1,1	P
RDR 9	0,8		1,4		1,0	P
C) Baie Missisquoi						
BM 7	2,2		1,0		1,0	N
BM 1	1,5		0,9		1,0	N
BM 8	2,2		1,0		1,0	N
BM 10	0,9		1,0		0,9	**
BM 9	2,6		1,2		1,0	N
BM 4a	2,0		0,3		1,0	N

- * Si $AAP-N < AAP-P \geq 1,3 \Rightarrow$ N est en concentration limitative
 Si $AAP-P < AAP-N \geq 1,3 \Rightarrow$ P est en concentration limitative
 Si $\frac{PF_{EDTA}}{PF} \geq 1,3 \Rightarrow$ présente probable de toxique inorganique (X)

** Indéterminé: $AAP-P \sim AAP-N < 1,3$

Selenastrum. Par ailleurs, aux stations à la baie Missisquoi et à RB 6 à la rivière aux Brochets, l'azote serait le facteur chimique contrôlant la production de l'algue. Ces résultats confirment la détérioration de la qualité des eaux déjà mentionnée à la section précédente pour la baie Missisquoi et la station RB 6 où la valeur la plus forte de PF avait été observée. En effet, plusieurs auteurs (Miller et al., 1974; Greene et al., 1975b; Robarts et Southall 1977; Couture 1981) ont déjà montré dans différentes régions que l'azote était habituellement limitatif dans les milieux riches en éléments nutritifs alors que le phosphore serait limitatif dans les eaux plus pauvres.

Les variations des coefficients de stimulation AAP-N de la rivière Tomifobia (tableau 8) montrent l'influence de l'enrichissement des eaux sur le contrôle que peut exercer le phosphore sur la croissance de l'algue test. Nous avons déjà signalé à la section précédente les teneurs élevées en phosphore aux stations RT 2, RT 16, RT 17, RT 4, RT 18 et RT 19 par rapport à celles des stations RT 20, RT 21 et RT 22; on constate parallèlement que les valeurs AAP-N (entre 2, 1 et 38,8) pour le premier groupe de stations sont nettement inférieures à celles du deuxième groupe (entre 53,6 et 507). Il semblerait donc que l'enrichissement des eaux vienne augmenter les concentrations de phosphore et ainsi diminuer son influence en tant que facteur limitatif. Toutefois, cette règle ne peut s'appliquer aux stations du lac Massawippi (RT 23 et RT 24) où les teneurs en phosphore total sont moins élevées.

Il est également à noter que même si le phosphore apparaît limitatif à quelques stations sur la rivière de la Roche (RDR 3, RDR 1 et RDR 9) et à une station de la rivière aux Brochets (RB 1), les coefficients de stimulation AAP-N sont comparables à ceux rencontrés aux stations de la rivière Tomifobia où nous avons précédemment observé l'influence d'activités anthropiques (i.e. RT 17, RT 4, RT 18). Ils traduisent donc aussi l'influence de l'enrichissement des eaux mais probablement à un degré moindre que celui noté à la station RB 6 où l'azote est limitatif avec des teneurs en phosphore total de 227 µg/L.

Enfin, pour les eaux de la baie Missisquoi, où les teneurs en phosphore total sont voisines de celles de la rivière Tomifobia, on note que l'azote demeure l'élément limitatif. Bien que ces teneurs soient représentatives d'un milieu eutrophe (INRS-Eau, 1976), il n'en reste pas moins qu'il est surprenant de voir une distinction aussi nette pour N entre ces deux systèmes. Une situation semblable se décèle aussi sur le lac Massawippi où même si les teneurs en phosphore total sont moins élevées (21 et 39 µg/L) qu'aux stations sur la rivière Tomifobia, les coefficients de stimulation AAP-N sont inférieurs à ceux des stations RT 20, RT 21 et RT 22 où les teneurs en phosphore sont pourtant plus élevées (46, 57 et 59 µg/L). Ces distinctions pourraient être attribuables aux mécanismes biotiques propres au milieu lentique où, par exemple durant l'été, des pertes en azote pourraient être encourues; on note en effet que, dans la présente étude, les concentrations en azote ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4$) sont relativement faibles dans ces milieux (Lac Massawippi: 0,15 mg/L, Baie Missisquoi: <0,01 mg/L) par rapport aux autres stations où les teneurs en phosphore étaient voisines.

3.3 Toxicité

L'approche classique des bioessais avec algues, où on considère qu'un rapport $PF_c/PF > 1,3$ traduit la présence de substances toxiques ou encore qu'un rapport $PF_{edta}/PF > 1,3$ signale une toxicité liée à des substances inorganiques, tend à démontrer dans la présente étude (tableaux 10 et 11) que l'ensemble des stations des rivières Tomifobia et Niger et du lac Massawippi sont affectées. De plus, la station RB 1 sur la rivière aux Brochets ainsi que les stations RDR 3 et RDR 1 sur la rivière de la Roche présentent aussi les indices d'une intoxication. Par ailleurs, la toxicité aux stations RD 2, RT 19, RT 20, RT 22 et RT 23 (rivière Tomifobia), RB 1 (rivière aux Brochets) et RDR 7 (rivière de la Roche) serait de nature inorganique. Les autres stations à la baie Missisquoi, à la rivière aux Brochets (RB 6) ou à la rivière de la Roche (RDR 9) ne seraient pas affectées par la présence de toxique.

Il y a toutefois lieu d'interpréter avec prudence les résultats fournis par l'approche classique. En effet, des travaux récents de White et Payne (1980) et de White et al., (1981) montrent comment les déterminations de phosphore en $\mu\text{g/L}$ selon la technique "Technicon" peuvent surestimer les concentrations biodisponibles de cet élément pour les algues. Cette particularité conduirait donc à augmenter artificiellement le rapport PF_c/PF . Signalons qu'en ce qui concerne les stations où les teneurs en azote inorganique sont utilisées pour calculer PF_c (ex. baie Missisquoi et RB 6), les rapports PF_c/PF sont voisins de 1.

TABLEAU 10

RAPPORT PF_c / PF DES RIVIERES
 TOMIFOBIA, NIGER ET DU LAC MASSAWIPPI

Station (Amont vers aval)	PF_c^*/PF
A) Rivière Tomifobia	
RT 13	12
RT 6	11
RT 11	6
RT 14	7
RT 12	12
RT 15	5
RT 2	2
RT 16	10
RT 17	6
RT 4	2
RT 18	2
RT 19	23
RT 20	200
RT 22	37
B) Rivière Niger	
RT 21	270
C) Lac Massawippi	
RT 23	16
RT 24	2

* PF_c : Potentiel de fertilité calculé à partir des teneurs en phosphore inorganique.

TABLEAU 11

RAPPORT PF_c/ PF DES RIVIERES AUX BROCHETS,
DE LA ROCHE ET DE LA BAIE MISSISQUOI.

Station (Amont vers aval)	PF_c/ PF
A) Rivière aux Brochets	
RB 1	4
RB 5	* *
RB 6	1 *
B) Rivière de la Roche	
RDR 6	* *
RDR 2	* *
RDR 3	2
RDR 7	* *
RDR 8	* *
RDR 1	3
RDR 9	1
C) Baie Missisquoi	
BM 7	0,2*
BM 1	0,5*
BM 8	0,3*
BM 10	* *
BM 9	<0,1*
BM 4a	<0,1*

* PF_c est calculé à partir des teneurs en azote total inorganique. Dans les autres cas, PF_c est calculé à partir des teneurs en phosphore total inorganique.

* * Ne peut être calculé; facteur limitatif indéterminé.

De plus, en ce qui concerne les résultats obtenus lors d'expériences effectuées avec des ajouts d'EDTA, il semblerait que cette substance puisse déplacer des complexes mixtes (matière organique - fer - phosphate) pour libérer le fer et le phosphate et contribuer ainsi à augmenter le rapport PF_c/PF (Campbell, communication personnelle).

Il appert donc que, suite à des récentes publications, les techniques de bioessais avec algues puissent être quelque peu améliorées pour les eaux de surface; les déterminations de phosphore devraient être effectuées avant et après le bioessai selon la technique des chromatogrammes Sephadex. Néanmoins, dans l'ensemble, les résultats obtenus lors de nos bioessais ont été révélateurs, notamment pour les niveaux d'enrichissement et l'absence de toxicité.

4. LITTERATURE CITEE

- APHA (American Public Health Association) (1975)
Standard methods for the examination of water
and wastewater. American Public Health Association,
American Water Works Association, Water
Pollution Control Federation, Washington, 14th
Edition; 1193 p.
- BERLAND, B.R., BONIN, D.V. et HAESTRINI, S.Y. (1974)
Mise en évidence de facteurs réglant la productivité
du phytoplancton des eaux de surface dans la partie
nord occidentale de la mer Méditerranée au moyen de
tests biologiques. Ann. Inst. Oceanogr. (Paris)
50 : 5-25.
- BRADSHAW, V.R. (1970)
Comparaison of surface-active agents. Process Biochem.,
5 : 19-20
- CAMPBELL, P.G.C., CLUIS, D. et COUTURE, P. (1982)
Transformation de la qualité d'une même eau de rivière
lors de son séjour dans deux réservoirs différents :
le lac Boivin et la réserve de Granby, Québec.
Can. Water Res. J. (sous-presse).
- CHIAUDANI, G. et VIGHI, M. (1978).
The use of Selenastrum capricornutum batch culture in
toxicity studies. Mitt. Internat. Verein Lemmol.,
21: 316-329

COUTURE, P. (1981)

Contribution de bio-essais avec algues pour l'étude des impacts environnementaux en eaux douces. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse; 128 p.

COUTURE, P. COUILLARD, D. et CROTEAU, G. (1981)

Un test biologique pour caractériser la toxicité des eaux usées. Environ. Pollut., (Ser. B.), 2: 217-222.

COUTURE, P., SYLVESTRE, A. et VISSER, S.A. (1981)

Etude à l'aide d'un bio-essai (Selenastrum capricornutum) des variations dans les caractéristiques nutritionnelles d'une rivière suite à l'implantation d'un barrage. Water Poll. Res. J. of Canada, 15: 233-254.

GREENE, V.C., MILLER, W.E., SHIROYAMA, T., SOLTERO, R.A. et PUTMAN, K. (1978)

Use of laboratory cultures of Selenastrum, Anabaena, and the indigenous isolate Sphaesocystis to predict effects of nutrient and zinc interactions upon phytoplankton growth in Long Lake, Washington. International Symposium on Experimental use of Algal Cultures in Pemmology, Norway. Mitt Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., 21 : 372-384.

GREENE, V.C., SOLTERD, R.A., MILLER, W.E., GASPERINO, A.F. et SHIROYAMA, T. (1975a).

The relationship of laboratory algal assays to measurements of indigenous phytoplankton in Long Lake, Washington.

In: Biostimulation and Nutrient Assessment, Proceedings of a Workshop held at Utah State University, Sept. 1975, PRWE 168-1: pp 93-126.

GREENE, V.C., MILLER, W.E., SHIROYAMA, T. et MALONEY, T.E.,
(1975b). Utilization of algal assays to assess the
effects of municipal, industrial and agricultural
wastewater effluents upon phytoplankton production
in the Snake River System. *Water Air Soil Pollut.*,
4 : 415-434.

INRS-Eau (Institut national de la recherche Scientifique-Eau)
(1976). Etude intégrée de la qualité des eaux des
bassins versants des rivières Saint-François et Yamaska.
Volume 2 : Secteur des substances nutritives. INRS-Eau,
Université du QUébec, QUébec, Rapport scientifique no 76:
603 p.

KATKO, A. (1975)

Algal assays for the national eutrophication survey.

In: Proceedings : Biostimulation/and/Nutrient Assessment
Workshop, Oct. 1973. US Environmental Protection Agency,
EPA-600/3-75-034: pp. 44-52

LITTLE, L. (1977)

Biassays-procedures and results. *J. Wat. Pollut.*
Control Fed., 50 : 1852-1868.

MILLER, W.E., MALONEY, T.E. et GREENE, V.C. (1974)

Algal productivity in 49 lake waters as determined
by algal assays. *Water Res.*, 8: 667-679.

ROBARTS, R.D. et SOUTHALL, G.C. (1977)

Nutrient limitation of phytoplankton growth in seven tropical man-made lakes, with special reference to lake McIlwaine, Rhodesia. Arch. Hydrobiol., 79: 1-35.

SACHDEV, D.R. et CLESCERI, N.L. (1978)

Effects of organic fractions from secondary effluents on Selenastrum capricornutum (Kutz). J. Wat. Pollut. Control Fed., 50: 1810-1820.

USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1971)

Provisional algal assay procedures. Final report. Sanitary Engineering Research Laboratory, College of Engineering and School of Public Health, University of California, Berkeley, SRL Report no 71-6: 211 p.

VAN COILLIE, R., VISSER, S.A., COUTURE, P. (1981)

Utilisation de bio-essais avec des algues pour l'étude des répercussions liées à la mise en eau des réservoirs. Annls. Limnol., 16: 103-117.

WHITE, E. et PAYNE, G. (1980)

Distribution and biological availability of reactive high molecular weight phosphorus in natural waters in New-Zealand. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37: 664-669.

WHITE, E., PAYNE, G., PICKHERE, S. et PICK, F.R. (1981)

Orthophosphate and its flux in lakes waters. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 1215-1219.

A N N E X E

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES

Parallèlement aux tests de fertilité avec algues, certaines analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été effectuées pour les échantillons prélevés aux différents sites. Elles furent faites selon des méthodes conventionnelles sous la responsabilité de Monsieur Harry Slotterdijk, délégué scientifique d'Environnement Canada pour la présente étude. Les résultats acquis ont été regroupés ci-après.

ANNEXE

STATION (Amont vers aval)	P total (µg/L)	NO ₃ - NO ₂ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	CONDUCTIVITE (µmhos/cm)	pH	T° C°	COLIFORMES TOTAUX (n/100mL)	COLIFORMES FECAUX (n/100mL)
a) Rivière Tomifobia								
RT 13	83	0,06	0,1	115	8,1	15	2900	590
RT 6	44	0,14	0,2	180	8,2	15	1800	1300
RT 11	39	0,13	<0,1	195	8,3	16	5200	3000
RT 14	65	0,31	0,1	235	8,2	16	5700	3700
RT 12	66	0,18	<0,1	210	8,3	17	6200	3800
RT 15	78	0,19	<0,1	235	8,3	16	6600	3700
RT 2	98	0,20	0,4	230	8,3	18	>2000	9600
RT 16	81	0,19	0,2	220	8,3	19	13000	13000
RT 17	90	0,20	<0,1	235	8,4	20	16000	7400
RT 4	94	0,08	0,2	205	8,3	20	13000	7600
RT 18	125	0,14	0,1	205	8,5	21	12000	4000
RT 19	84	0,05	0,1	245	8,2	21	6000	1600
RT 20	46	0,05	0,4	280	8,1	21	4000	1400
RT 22	59	0,04	0,2	265	8,1	21	1000	490

ANNEXE (suite 1)

STATION (Amont vers aval)	P total (µg/L)	NO ₃ + NO ₂ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	CONDUCTIVITE (µmhos/cm)	pH	T ^o C ^o	COLIFORMES TOTAUX (n/100mL)	COLIFORMES FECAUX (n/100mL)
b) Rivière Niger								
RT 21	57	0,06	0,2	250	8,2	21	3000	2200
c) Lac Massawippi								
RT 23	39	0,05	0,1	170	8,4	22	-	-
RT 24	21	0,05	0,1	165	8,4	22	-	-
d) Rivière aux Brochets								
RB 1	82	<0.01	<0,1	130	7,7	-	7100	6300
RB 5	52	<0.01	<0,1	200	8,3	-	-	-
RB 6	227	<0.01	0,2	235	7,6	-	-	-

ANNEXE (suite 2)

STATION (Amont vers aval)	P total (µg/L)	NO ₃ - NO ₂ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	CONDUCTIVITE (µmhos/cm)	pH	COLIFORMES TOTAUX (n/100mL)	COLIFORMES FECAUX (n/100mL)
e) Rivière de la Roche							
RDR 6	93	0,09	<0,1	108	7,9	2800	1300
RDR 2	106	<0,01	<0,1	109	7,7	3700	1500
RDR 3	--	0,06	<0,1	270	8,0	3600	11000
RDR 7	--	0,09	<0,1	225	8,1	2100	1500
RDR 8	142	0,01	0,1	260	8,1	4900	4700
RDR 1	139	<0,01	<0,1	295	8,0	7100	6000
RDR 9	135	0,01	<0,1	150	7,8	1800	1300
f) Baie Missisquoi							
BM 7	80	<0,01	0,1	114	9,0	--	--
BM 1	66	0,03	<0,1	110	8,2	--	--
BM 8	99	0,05	0,1	98	7,6	--	--
BM 10	-	<0,01	<0,1	97	7,7	--	--
BM 9	57	<0,01	0,1	96	7,6	--	--
BM 4a	70	<0,01	<0,1	99	7,7	--	--