Record Number: 1350 Author, Monographic: Ouellet, M.//Jones, H. G. Author Role: Title, Monographic: Indices paléolimnologiques de l'acidification des eaux lacustres **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: v. 36 Packaging Method: pages et 3 annexes Series Editor: Series Editor Role: Series Title: INRS-Eau, Rapport de recherche Series Volume ID: 134 Location/URL: **ISBN:** 2-89146-132-0 Notes: Rapport annuel 1982-1983 Abstract: Rapport rédigé pour Environnement Québec 10.00\$ R000134 Call Number: Keywords: rapport/ ok/ dl

INDICES PALÉOLIMNOLOGIQUES DE L'ACIDIFICATION DES EAUX LACUSTRES

par Ouellet, M. et Jones, H.G.

Rapport d'activités pour la période d'avril 1980 à mars 1981

Présenté à

La Direction générale de la protection de l'environnement et de la nature Direction des réserves écologiques et des sites naturels Ministère de l'Environnement du Québec

> Québec 30 avril 1981

INDICES PALÉOLIMNOLOGIQUES DE L'ACIDIFICATION DES EAUX LACUSTRES

par Ouellet, M. et Jones, H.G.

Rapport scientifique no 134

Rapport d'activités pour la période d'avril 1980 à mars 1981

Présenté à

La Direction générale de la protection de l'environnement et de la nature Direction des réserves écologiques et des sites naturels Ministère de l'Environnement du Québec

> Québec 30 avril 1981

RÉSUMÉ

Le présent rapport d'activités fait partie d'un programme de recherche écologique dans le domaine de la paléolimnologie contemporaine de lacs acides du bouclier canadien au Québec. La méthodologie de travail est conçue pour développer des indices paléolimnologiques physico-chimiques (Al, Mn, Fe, Ca, Mg, métaux lourds, soufre) et microbiologiques (pigments, microfossiles) permettant l'établissement d'une échelle de progression de l'acidité des eaux lacustres depuis les dernières décennies. Le choix des paramètres pour ces indices a été précisé suite à, d'une part, une analyse des connaissances déjà aquises de l'impact des précipitations acides sur les écosystèmes aquatiques et terrestres et, d'autre part, des hypothèses sur les transformations de ces paramètres pendant les processus de sédimentation et de consolidation des sédiments en milieu acide.

Jusqu'ici, nos travaux ont porté sur l'étude du comportement spatial de plusieurs éléments géochimiques des sédiments superficiels du bassin est du lac Tantaré ainsi que sur le comportement stratigraphique des Diatomées fossiles et de plusieurs éléments géochimiques d'une carotte courte provenant de ce même bassin.

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
RÉSUMÉ	i
TABLE DES MATIÈRES	ii
LISTE DES TABLEAUX	111
LISTE DES FIGURES	iv
1- INTRODUCTION	1
2- ÉCHANTILLONNAGE	1
3- ANALYSES	1
4- RÉSULTATS	2
 4.1 Pollen 4.2 Diatomés 4.3 Sédiments de surface 4.4 Analyses stratigraphiques 	2 2 3 4
RÉFÉRENCES	5
ANNEXE A	
ANNEXE B	

ANNEXE C

LISTE DES TABLEAUX

1	Teneurs géochimiques des sédiments superficiels du bassin est du lac Tantaré	6
2	Teneurs géochimiques de la carotte 040680 du lac Tantaré	10

PAGE

LISTE DES FIGURES

1	Localisation des sites d'échantillonnage sédimentologique du bassin est du lac Tantaré	11
2	Carte bathymétrique du bassin est du lac Tantaré, Québec	12
3	Distribution spatiale du C dans le bassin est du lac Tantaré	13
4	Distribution spatiale de l'Al dans le bassin est du lac Tantaré .	14
5	Distribution spatiale du Ca dans le bassin est du lac Tantaré	15
6	Distribution spatiale du Fe dans le bassin est du lac Tantaré	16
7	Distribution spatiale du Mg dans le bassin est du lac Tantaré	17
8	Distribution spatiale du Na dans le bassin est du lac Tantaré	18
9	Distribution spatiale du Hg dans le bassin est du lac Tantaré	19
10	Distribution spatiale du Cu dans le bassin est du lac Tantaré	20
11	Distribution spatiale du Zn dans le bassin est du lac Tantaré	21
12	Distribution stratigraphique géochimique de la carotte 040680 du lac Tantaré	22
13	Distribution stratigraphique du Cs ¹³⁷ dans la carotte 040680 du lac Tantaré	23
14	Distribution stratigraphique du C dans la carotte 040680 du lac Tantaré	24
15	Distribution stratigraphique de l'Al dans la carotte 040680 du lac Tantaré	25
16	Distribution stratigraphique du Ca dans la carotte 040680 du lac Tantaré	26
17	Distribution stratigraphique du Fe dans la carotte 040680 du lac Tantaré	27
18	Distribution stratigraphique du Mg dans la carotte 040680 du lac Tantaré	28
19	Distribution stratigraphique du Na dans la carotte 040680 du lac	29

iv

20	Distribution stratigraphique du Si dans la carotte 040680 du lac Tantaré	. 30
21	Distribution stratigraphique du Cu dans la carotte 040680 du lac Tantaré	. 31
22	Distribution stratigraphique du Ni dans la carotte 040680 du lac Tantaré	. 32
23	Distribution stratigraphique du Mn dans la carotte 040680 du lac Tantaré	. 33
24	Distribution stratigraphique du Hg dans la carotte 040680 du lac Tantaré	. 34
25	Distribution stratigraphique du Pb dans la carotte 040680 du lac Tantaré	. 35
26	Distribution stratigraphique du Zn dans la carotte 040680 du lac Tantaré	. 36

ł Ł Ł Ł -

1- INTRODUCTION

La majorité des études limnologiques oeuvrant dans un espace de temps très court (quelques mois ou années) en vue d'établir les vitesses de dégradation des écosystèmes aquatiques en fonction d'une longue période de temps et d'en prédire les tendances futures se sont avérées peu fructueuses. De plus, l'absence d'observations fiables traitant de la qualité historique de l'environnement nous porte à croire que l'utilisation de méthodes paléolimnologiques demeure un champ de recherche encore peu exploré qui pourra nous permettre de développer diverses méthodes de monitoring de l'évolution de la qualité de notre biosphère en fonction d'une période de temps s'échelonnant sur plusieurs générations humaines. Le présent projet de recherche vise à développer des indices d'acidification des eaux lacustres des régions à faible pouvoir tampon. Au cours des premiers mois d'activités, nous avons consacré nos efforts essentiellement sur les aspects physico-chimiques et biologiques des sédiments du lac Tantaré.

2- ÉCHANTILLONNAGE

Tout d'abord, en juin dernier, trois carottes de sédiments ont été prélevées. Deux le furent dans la partie nord du bassin est du lac Tantaré (figure 1), tandis que la troisième (MO-800130) fut prélevée par 20 m de fond dans la fosse du bassin central. De plus, 35 échantillons de sédiments superficiels et 8 autres provenant de quelques centimètres sous l'interface sédiment-eau ont été prélevés dans l'ensemble du bassin est en fonction des caractéristiques bathymétriques du bassin (Figure 2). Enfin, deux séries de 12 trappes à sédiments furent mises en place respectivement à 2 et 10 m de profondeur dans le bassin de la partie centrale du lac Tantaré.

3- ANALYSES

Au laboratoire, les trois carottes furent sectionnées en un total de 298 intervalles stratigraphiques (voir description en annexe A) et ces derniers, selon le cas, analysés ou actuellement en processus d'analyses pour les paramètres suivants:

a) Physico-chimie

Pourcentage d'humidité, matière organique totale, ¹³⁷Cs, Al, Fe, Mg, Ca, Na, Hg, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cr et Ag.

b) Biologie

Pollen de macrophytes aquatiques, Diatomées et Cladocères fossiles.

Quant aux échantillons de surface et ceux des trappes à sédiments, ils ont été analysés pour les même paramètres que décrits ci-haut en a.

4- RÉSULTATS

4.1 Pollen

L'analyse de plusieurs niveaux stratigraphiques de la carotte MO-040680 pour son contenu en pollen d'hydro-macrophytes ne nous a pas permis, jusqu'ici, de déceler des changements significatifs dans l'abondance en fonction du temps (0-300 années) de ces plantes.

La très faible production pollinique des plantes aquatiques relativement, en particulier, à celle des conifères et des bouleaux, est la principale cause de l'impossibilité d'utiliser cette méthode paléolimnologique comme un indicateur de l'évolution de l'acidité des eaux lacustres (voir résumé en annexe B).

4.2 Diatomées

En ce qui concerne l'analyse stratigraphique des Diatomées de la même carotte, la détermination de l'abondance des espèces acidophiles et acidobiontiques nous a permis de déceler une tendance à l'acidification des eaux du lac Tantaré. Cette acidification est d'environ 0.2 unité de pH par décade. Cet aspect du présent projet de recherche a fait l'objet d'une communication qui fut présentée à la Troisième réunion annuelle de la section canadienne de la Société internationale de limnologie théorique et appliquée (SIL) qui a eu lieu à Montréal le 7 janvier 1981 (voir résumé en annexe C).

4.3 Sédiments de surface

Les résultats géochimiques des analyses des sédiments de surface du bassin est (tableau 1) n'indique aucune anomalie géochimique importante. Par contre, à plusieurs endroits, les teneurs en Fe sont d'environ deux fois plus élevées (~10%) immédiatement sous la surface (4-5 cm) que les teneurs de l'interface sédiments-eaux. Pour le moment, il est difficile d'expliquer cette constatation et ceci principalement en fonction des équilibres chimiques du Fe, qui dans un milieu aérobique, devrait produire une distribution plus prononcée à la surface de sédiments. Selon les travaux de Wium-Andersen et Andersen (1972) et ceux de Tessenow et Baynes (1978), le pouvoir d'oxydo-réduction découlant des émissions d'oxygène par le système radiculaire des macrophytes telles <u>Obelia</u> et <u>Isoetes</u> serait responsable de ce gradient géochimique. Cette oxygénation des sédiments à quelques centimètres sous l'interface sédiments-eau a pour effet de favoriser la précipitation du Fe et du Mn à l'intérieur des strates supportant les systèmes radiculaires des hydro-macrophytes.

En ce qui concerne le comportement spatial des divers éléments (Figure 3-11), seule l'abondance du C, du Fe, du Na et du Ca croît légèrement en fonction de la profondeur. Par contre, le Hg, le Mg, le Cu et le Zn démontrent une abondance plus marquée près des rives. L'Ag, le Co, le Cr, le Mn, le Ni et le Pb ne démontrent aucun patron de dispersion spatiale. La faible profondeur du bassin est du lac Tantaré, ainsi que l'absence de stratification thermique et chimique de ses eaux influencent grandement les patrons de distribution de ces éléments qui diffèrent de ceux des lacs profonds (Ouellet, 1979).

4.4 Analyses stratigraphiques

La carotte 040680, prélevée en juin dernier dans la partie profonde du bassin est du lac Tantaré, a été analysée à plusieurs niveaux stratigraphiques pour son contenu en Cs¹³⁷, H₂O, C, Al, Ca, Fe, Mg, Na, Si, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb et Zn. Les résultats de ces analyses apparaissent au tableau 2 et leurs distributions stratigraphiques générales apparaissent à la figure 12. La courbe stratigraphique de plusieurs éléments qui revètent un certain intérêt, en fonction du transport atmosphérique de substances polluantes et des effets des pluies acides, apparaît en détail aux figures 13 à 26.

Une certaine contamination semble existée au niveau stratigraphique de 44 cm. Cette contamination est mise en évidence par les figures 15, 16, 17, 19 et 21.

Les effets du transport atmosphérique longue portée sont mis en évidence par le comportement stratigraphique (0-10 cm) des éléments tels le Cs¹³⁷, le Cu, le Hg, le Pb et le Zn. Par contre, l'accroissement, dans ce même intervalle stratigraphique de l'Al, du Ca, du Fe, du Mg, du Na, ainsi que du Mn pourrait fort bien découler de l'acidification des eaux du bassin versant qui favoriserait leur solubilisation du substrat géologique.

RÉFÉRENCES

OUELLET, M. (1979). Géochimie et granulométrie des sédiments superficiels du lac Saint-Jean et de la rivière Saguenay. INRS-Eau, rapport scientifique no 104, 943 p., 3 annexes.

TESSENOW, V. and BAYNES Y. (1978). Experimental effects of <u>Isoetes</u> <u>lacustris</u> on the distribution of Eh, pH, Fe and Mn in lake sediments. Verh. Internat. Verein. Limnol., 20:

2358-2362.

WIUM-ANDERSEN, S. and ANDERSEN, J.M. (1972). The influence of vegetation on the redox profile of the sediment of Grane Langsow/, a Danish Lobelia lake. Limnol. Oceanog., 17: 948-952.

STATION	ÉLÉMENTS														
MO-800811			%			ррЬ	ррт								
NO	A1	Fe	Mg	Ca	Na	Hg	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni	Со	Cr	Ag	
1	1,91	2,62	0,22	0,29	0,02	140	78	15	180	46	9	6	14	0,2	
1A*	1,61	2,54	0,16	0,28	0,22	140	48	14	130	16	8	3	13	0,2	
2	2,41	4,14	0,08	0,10	0,02	115	870	17	125	175	8	15	12	0,2	
2A	2,38	9,94	0,06	0,09	0,01	75	160	9	68	13	21	6	13	0,2	
3	0,36	0,96	0,09	0,07	0,02	20	490	8	50	13	17	5	5	0,2	
4	1,28	3,85	0,11	0,13	0,02	75	295	13	64	16	35	8	10	0,2	
5	1,94	6,51	0,06	0,05	0,01	115	245	5	46	12	14	4	12	0,2	
5A	1,87	6,50	0,04	0,05	0,01	95	60	8	36	8	16	4	10	0,2	
6	2,14	9,06	0,04	0,06	0,01	120	110	12	74	15	12	4	10	0,2	
6A	2,07	11,3	0,03	0,05	0,01	85	105	13	115	16	22	7	8	0,2	
7	2,56	1,89	0,07	0,20	0,01	100	145	17	235	16	24	5	11	0,2	
8	2,52	1,79	0,10	0,23	0,01	120	330	70	250	43	37	14	12	0,2	

TABLEAU 1 Teneurs géochimiques des sédiments superficiels du bassin est du lac Tantaré.

* Echantillon provenant de 4-5 cm sous la surface.

ი

TABLEAU 1 Teneurs géochimiques des sédiments superficiels du bassin est du lac Tantaré. (suite)

STATION		ÉLÉMENTS															
M0-800811			%			ppb	ppm										
NO	A1	Fe	Mg	Ca	Na	Hg	Mn	Cu	Zn	РЬ	Ni	Co	Cr	Ag			
9	2,04	3,14	0,20	0,14	0,07	150	540	51	670	49	59	16	16	0,2			
10	2,60	1,71	0,15	0,18	0,01	105	340	15	780	36	22	6	13	0,2			
11	2,25	1,69	0,10	0,19	0,01	125	170	12	120	13	25	7	12	0,2			
12	2,50	5,03	0,08	0,11	0,01	115	230	12	310	57	30	8	14	0,2			
12A	2,36	13,0	0,07	0,15	0,01	55	220	15	130	17	77	65	11	0,2			
MO-800812																	
13	2,62	2,40	0,21	0,22	0,01	125	130	5	50	5	16	8	15	0,2			
14	2,56	1,69	0,16	0,25	0,01	115	175	8	84	8	24	6	13	0,2			
15	2,79	2,50	0,06	0,14	0,01	85	58	6	38	6	9	4	12	0,2			
16	2,46	2,51	0,06	0,14	0,01	105	240	-11	155	16	33	8	12	0,2			
17	2,09	4,80	0,07	0,16	0,14	125	125	10	96	20	13	4	12	0,2			
17A	2,61	8,84	0,04	0,04	0,01	70	250	26	290	71	32	9	11	0,2			

 $\overline{}$

TABLEAU 1 Teneurs géochimiques des sédiments superficiels du bassin est du lac Tantaré. (suite)

STATION	ÉLÉMENTS														
MO-800811			%			ppb	ppm								
NO	A1 Fe Mg Ca Na		Na	Hg	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ag			
18	2,78	3,85	0,10	0,25	0,01	75	720	5	180	45	29	7	12	0,2	
19	2,68	2,12	0,07	0,19	0,01	180	290	16	100	27	36	8	12	0,2	
20	1,51	2,17	0,17	0,17	0,09	120	1100	8	195	17	30	6	11	0,2	
21	2,04	3,29	0,16	0,28	0,18	160	280	8	68	13	28	6	12	0,2	
22	2,45	2,45 11,65		0,17	0,01	150	250	8	66	2	19	6	11	0,2	
23	2,54	2,18	0,05	0,17	0,01	130	165	8	66	5	17	7	10	0,2	
24	2,74	6,32	0,08	0,16	0,01	85	115	17	115	13	18	6	11	0,2	
25	2,65	4,32	0,05	0,05	0,01	105	275	- 21	72	4	33	12	12	0,2	
26	2,47	6,59	0,06	0,06	0,01	165	155	350	800	75	26	7	12	0,2	
27	2,20	1,34	0,11	0,27	0,01	80	325	52	880	54	20	7	9	0,2	
28	1,72	0,94	0,10	0,17	0,01	100	240	86	740	59	89	78	9	0,2	
29	2,43	1,61	0,08	0,22	0,01	130	175	19	110	15	25	7	10	0,2	

 ∞

r

¢

STATION		ÉLÉMENTS														
M0-800811			%			ррђ	ppm									
NO	A1	Fe	Mg	Ca	Na	Hg	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ag		
30	2,78	5,18	0,07	0,11	0,02	130	265	12	180	20	27	8	14	0,2		
30A	2,95	3,68	0,05	0,12	0,01	80	280	8	120	9	25	8	14	0,2		
31	2,15	4,84	0,04	0,04	0,01	75	175	7	76	10	22	7	10	0,2		
32	2,56	1,54	0,07	0,19	0,01	140	110	6	60	6	14	5	11	0,2		
33	2,60	2,09	0,08	0,11	0,01	145	560	10	120	86	30	12	14	0,2		
33A	2,82	1,71	0,06	0,13	0,01	95	340	16	120	130	9	9	10	0,2		
34	2,67	2,11	0,06	0,14	0,01	115	320	14	140	120	10	9	10	0,2		
35	2,08	4,52	0,10	0,20	0,14	110	340	13	120	86	8	7	11	0,2		

TABLEAU 1 Teneurs géochimiques des sédiments superficiels du bassin est du lac Tantaré. (suite)

	Ce		%										РРМ								
(cm)	pCi/g	H ₂ 0	С	A1	Ca	Fe	Mg	Na	Si	Ag	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	РЪ	Zn			
0.8	8.7	88.7	33.5	3.98	0.61	2.02	0.24	0.49	20.9	0.2	4	10	26	0.140	64	10	104	168			
2.3 3.6	7.1									-											
4.4	4.5	85.8	33.3	3.90	0.51	1.94	0.21	0.38	21.2	0.2	4	11	15	0.190	46	7	65	160			
6.3 7.0	4.4	88.3	34.2	3.71	0.44	1.78	0.18	0.22	21.8	0.2	4	12	18	0.175	44	6	54	160			
7.6 8.6	4.1															-					
9.1 9.5	2.2	89.7	33.4	3.45	0.39	1.56	0.15	0.17	21.8	0.2	3	10	14	0.165	36	8	30	110			
10.5 11.1	1.3	90.0	32.6	3.30	0.39	1.54	0.14	0.14	22.9	0.2	3	11	14	0.115	40	5	15	76			
11.6 12.6	1.9 1.5																				
13.2 13.7	1.1	90.1	31.9	32.4	0.38	1.54	0.16	0.13	22.9	0.2	3	10	11	0.070	46	5	10	58			
14.9 15.5	1.9	89.7	31.9	3.26	0.38	1.62	0.13	0.12	23.0	0.2	4	10	10	0.075	32	5	8	56			
18.4 19.4	1.5	89.6	31.1	3.26	0.36	1.54	0.12	0.11	23.3	0.2	3	9	12	0.090	36	3	5	160			
23.1 23.6	2.2	88.6	30.7	3.35	0.37	1,46	0.12	0.09	23.3	0.2	4	10	12	0.055	54	4	5	70			
26.7 30.6	1.5	88.0	32.0	3.39	0.39	1.48	0.13	0.12	23.0	0.2	3	10	12	0.060	44	4	6	96			
31.1 35.2	1	86.9 88.6	31.6 32.0	3.44 3.40	0.37	1.44 1.46	0.12	0.10 0.10	23.4 23.1	0.2	3	10	12 12	0.045	50 42	4 8	25	82 100			
40.7 45.3		87.9 87.9	32.4	3.56	0.42	1.44	0.14	0.19	23.0	0.2	2	11 10	11 12	0.070	72 46	7	6	76 86			
56.9		87.8 86.4	35.0 34.8	3.70	0.48	1.35	0.15	0.27	22.0	0.2	2	10 10	11 12	0.055	42 56	8 7	4	84 96			
65.2		86.0 87.4	32.2	3.74	0.45	1.50	0.14	0.24	23.1	0.2	4	11	11 11 12	0.045	48 52	8 7	6 5 6	74			
73.4 75.5		85.4 87.1	34.8 36.2	3.55 3.50 3.51	0.38	1.45	0.12 0.12 0.12	0.10	22.4 21.9 21.1	0.2	4 3 2	11 9 10	12 13	0.080	46 46 49	8 8 0	6 4 7	72			
80.5 83.0		86.9 86.4	37.5	3.50 3.61	0.39	1.33	0.12	0.15	20.9	0.2	3	10	10 13 13	0.070	48	8 7	2	86			
88.3		84.3	42.1	3.64	0.49	1.40	0.16	0.24	21.2	0.2	4	9	16	0.080	80	, 6	3	650			

TABLEAU 2 Teneurs géochimiques de la carotte 040680 du lac Tantaré.



Lac Tantaré 47°05'N 71°33'0

FIGURE 1 Localisation des sites d'échantillonnage sédimentologique du bassin est du lac Tantaré.

● Site de prélèvement des carottes MO-180 et MO-040680







FIGURE 3 Distribution spatiale du C dans le bassin est du lac Tantaré.



FIGURE 4 Distribution spatiale de l'Al dans le bassin est du lac Tantaré.

FIGURE 5 Distribution spatiale du Ca dans le bassin est du lac Tantaré.

FIGURE 6 Distribution spatiale du Fe dans le bassin est du lac Tantaré.

FIGURE 7 Distribution spatiale du Mg dans le bassin est du lac Tantaré.

FIGURE 8 Distribution spatiale du Na dans le bassin est du lac Tantaré.

FIGURE 9 Distribution spatiale du Hg dans le bassin est du lac Tantaré.

FIGURE 10 Distribution spatiale du Cu dans le bassin est du lac Tantaré.

FIGURE 11 Distribution spatiale du Zn dans le bassin est du lac Tantaré.

FIGURE 13 Distribution stratigraphique du Cs¹³⁷ dans la carotte 040680 du lac Tantaré.

FIGURE 14 Distribution stratigraphique du C dans la carotte 040680 du lac Tantaré.

FIGURE 15 Distribution stratigraphique de l'Al dans la carotte 040680 du lac Tantaré.

FIGURE 16 Distribution stratigraphique du Ca dans la carotte 040680 du lac Tantaré.

FIGURE 17 Distribution stratigraphique du Fe dans la carotte 040680 du lac Tantaré.


FIGURE 18 Distribution stratigraphique du Mg dans la carotte 040680 du lac Tantaré.



FIGURE 19 Distribution stratigraphique du Na dans la carotte 040680 du lac Tantaré.



FIGURE 20 Distribution stratigraphique du Si dans la carotte 040680 du lac Tantaré.



FIGURE 21 Distribution stratigraphique du Cu dans la carotte 040680 du lac Tantaré.



FIGURE 22 Distribution stratigraphique du Ni dans la carotte 040680 du lac Tantaré.



FIGURE 23 Distribution stratigraphique du Mn dans la carotte 040680 du lac Tantaré.



FIGURE 24 Distribution stratigraphique du Hg dans la carotte 040680 du lac Tantaré.



FIGURE 25 Distribution stratigraphique du Pb dans la carotte 040680 du lac Tantaré.



FIGURE 26 Distribution stratigraphique du Zn dans la carotte 040680 du lac Tantaré.

ANNEXE A

Liste des échantillons de sédiments de surface prélevés dans le bassin est du lac Tantaré et analysés pour divers paramètres.

Intervalle (cm)	H ₂ O	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹
M0-80-8-11				
1	Х	Х	X	Х
1A	Х	Х	Х	X
2	Х	Х	Х	Х
2A	Х	Х	Х	X
3	x	Х	X	X
4	X	Х	Х	X
5	Х	X	Х	X
5A	X	Х	Х	X
6	Х	Х	Х	Х
6A	x	Х	Х	Х
7	X	Х	X	Х
8	х	X	Х	Х
9	x	X	X	X
10	Х	Х	Х	Х
11	X	Х	X	Х
12	X	Х	X	Х
12A	Х	Х	X	X
MO-80-08-12				
13	X	Х	Х	x
14	X	Х	Х	Х
15	Х	Х	Х	X

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹
15	Х	Х	Х	X
16	Х	Х	Х	Х
17	x	Х	X	X
17A	х	X	Х	X
18	X	Х	Х	Х
19	Х	Х	X	X
20	Х	X	Х	Х
21	X	Х	Х	X
22	X	Х	X	X
23	Х	Х	Х	Х
24	х	Х	Х	X
25	x	X	X	X
26	X	X	Х	X
27	x	X	X	X
28	x	X	Х	X
29	X	X	X	X
30	х	X	х	X
30A	X	X	X	X
31	x	X	X	X
32	x	х	X	X
33	x	X	X	X

Liste des échantillons de sédiments e surface prélevés dans le bassin est du lac Tantaré et analysés pour divers paramètres. Liste des échantillons de sédiments de surface prélevés dans le bassin est du lac Tantaré et analysés pour divers paramètres.

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹
33A	Х	х	х	x
34	Х	Х	X	x
35	X	Х	Х	X

TOTAL 44 échantillons

¹Géochimie: Al, Fe, Mg, Ca, Na, Hg, Mn, Cn, Zn, Pb, Ni, Co, Cr, Ag

Description de la carotte MOO40680 prélevée dans le bassin est du lac Tantaré par 5.5 m de fond et analyses effectuées.

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géol	D2	Zoo ³	Р ⁴
0.0-1.5			X		Х	х	х
1.5-3.0	Х	х	х	х			
3.0-4.2			X		Х	х	
4.2-5.7	X	х	X	X		Х	х
5.7-6.9			х		х		
6.9-8.2			х			х	
8.2-9.0	Х	х	Х	х	X	х	Х
9.0-10.0			х			х	
10.0-11.0	х	х	Х	х	Х	X	
11.0-12.1			Х				х
12.1-13.2	Х	х	X	X	х	x	
13.2-14.4			х				
14.2-15.6	X	X	х	x	x	x	x
15.6-16.7			x				
16.7-17.7	Х	Х	x	x	х	x	
17.7-18.8			х				x
18.8-20.0			х		x	x	
20.0-21.0	Х	х	x	X			
21.0-22.0			X				x
22.0-23.0	x	X	x	x			

A5

1

Description de la carotte MOO40680 prélevée dans le bassin est du lac Tantaré par 5.5 m de fond et analyses effectuées.

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹	D ²	Zoo ³	P 4
23.0-24.1			х				,
24.1-25.1			х		Х	Х	х
25.1-26.3			х				
26.3-27.2	х	х	x	Х			
27.2-28.2			Х				
28.2-29.5			х				
29.5-30.6	Х	х	Х	Х			
30.6-31.7			х		Х	Х	
31.7-32.6			х				
32.6-33.7			х				х
33.7-34.7	Х	х	Х	Х	X	Х	
34.7-35.7			Х				
35.7-36.7			Х				
36.7-38.0			Х				
38.0-39.0			Х				
39.0-40.2			х				
40.2-41.3	х	х	Х	X			х
41.3-42.4			x				
42.4-43.6							x
43.6-44.6			х				

Description de la carotte MOO40680 prélevée dans le bassin est du lac Tantaré par 5.5 m de fond et analyses effectuées.

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹	D ²	Zoo ³	Р4	
44.6-45.8	x	х		X				
45.8-46.9						Х		
46.9-48.0			х					
48.0-49.0								
49.0-50.0								
50.0-51.1	х	х		Х				
51.1-52.2			х					
52.2-53.2				-				
53.2-54.3								
54.3-55.3								
55.3-56.5			Х		X	Х		
56.5-57.5	Х	х	Х	X				
57.5-58.5		4						
58.5-59.4								
59.4-60.5			х					
60.5-61.5	Х	х	х	Х				
61.5-62.5								
62.5-63.5								
63.5-64.5			X					
64.5-65.5	х	х	x	Х				

ļ

Description de la carotte M0040680 prélevée dans le bassin est du lac Tantaré par 5.5 m de fond et analyses effectuées.

Intervalle	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹	D ²	Zoo ³	Р4
(cm)							
65.5-66.6						Х	
66.6-67.7							
67.7-68.7			Х				
68.7-69.8	Х	х	Х	Х			
69.8-70.8							
70.8-71.8						Х	х
71.8-72.8			Х				
72.8-73.9	Х	х	х	Х			
73.9-75.0							
75.0-76.0				Х			
76.0-77.0	Х	х	Х	Х			
77.0-78.0							
78.0-79.0							
79.0-80.0			Х				
80.0-81.0	Х	х	Х	Х			
81.0-82.0							
82.0-83.0							
83.0-84.0				Х			
84.0-85.1	Х	- X	X	Х			
85.1-86.2					x	X	

A8

Description de la carotte M0040680 prélevée dans le bassin est du lac Tantaré par 5.5 m de fond et analyses effectuées.

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹	D ²	Zoo ³	Р4
86.2-87.3	x	x	X	X			
87.3-88.4 88.4-89.3	X	X	Х	X			

TOTAL 83 échantillons

¹Géochimie: Al, Fe, Mg, Ca, Na, Hg, Mn, Ca, Zn, Pb, Ni, Co, Cr, Ag ²D: Diatoms

³Zoo: Cladocères

⁴P: Pollen

Description de la carotte MO-800130 prélevée dans le bassin central du lac Tantaré par 20 m de fond et les diverses analyses exécutées.

Intervalle (cm)	С	H ₂ O	¹³⁷ Cs	Géol	Zoo ²
0.0-0.5			X		X
0.5-1.0	Х	X	Х	х	
1.0-1.5			X		
1.5-2.0			Х		Х
2.0-2.5			Х		
2.5-3.0	x	Х	X	Х	
3.0-3.5			X		
3.5-4.0			X		Х
4.0-4.5			Х		
4.5-5.0	Х	Х	X	Х	
5.0-5.5			Х		
5.5-6.0			X		X
6.0-6.5			Х		
6.5-7.0	X	Х	Х	Х	
7.0-7.5			X		
7.5-8.0			Х		Х
8.0-8.5			Х		
8.5-9.0	x	X	Х	X	
9.0-9.5			X		
9.5-10.0			X		Х
10.0-10.5			X		

A10

Intervalle	С	H ₂ 0	¹³⁷ Cs	Géo ¹	Zoo ²
(cm)					
10.5-11.0	X	Х	X	X	
11.0-11.5			X		
11.5-12.0			Х		X
12.0-12.5			X		
12.5-13.0	Х	Х	Х	X	
13.0-13.5			Х		
13.5-14.0			Х		x
14.0-14.5			Х		
14.5-15.0	Х	Х	Х	X	
15.0-15.5			Х		
15.5-16.0			Х		x
16.0-16.5			Х		
16.5-17.0	x	Х	Х	X	
17.0-17.5			X		
17.5-18.0			Х		x
18.0-18.5			Х		
18.5-19.0	х	Х	Х	X	
19.0-19.5			Х		
19.5-20.0			Х		X
20.0-20.5			Х		
20.5-21.0			X		
21.0-21.5			Х		
21.5-22.0			Х		
22.0-22.5	x	x	X	x	

A11

Intervalle	C	H ₂ 0	137Cs	Géo ¹	Z00 ²
(cm)					
22.5-23.0			X		
23.0-23.5			х		
23.5-24.0			x		X
24.0-24.5			x		
24.5-25.0			x		
25.0-25.5			х		
25.5-26.0			X		
26.0-26.5			x		
26.5-27.0	x	Х	X	X	
27.0-27.5			x		
27.5-28.0			x		x
28.0-28.5			x		
28.5-29.0	x	Х	x	х	
29.0-29.5			x		
29.5-30.0			x		
30.0-30.5			X		
30.5-31.0	x	х	X	X	
31.0-31.5			Х		
31.5-32.0			x		x
32.0-32.5			x		
32.5-33.0	x	x	x	x	
	l	1	[I	1

A12

Intervalle	C	A13 H ₂ 0	137 _{CS}	Géol	Zoo ²
(cm)					
33.0-33.5			X		
33.5-34.0			Х		
34.0-34.5			Х		

TOTAL 69 échantillons

¹Géochimie: Al, Fe, Mg, Ca, Na, Hg, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cr, Ag ²Zoo: cladocères fossiles

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹
0-2	Х	x	X	х
2-4			Х	
4-6	Х	Х	X	х
6-8			X	
8-10	Х	Х	Х	Х
10-12			X	
12-14	X	X	Х	Х
14-16			Х	
16-18	х	Х	Х	X
18-20			Х	
20-22	x	Х	Х	Х
22-24			Х	
24-26			Х	
26-28			Х	
28-30	Х	Х	Х	Х
30-32				
32-34				
34-36				
36-38				
38-40				
40-42	Х	Х	X	X

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹
42-44				
44-46				
46-48				
48-50				
50-52	Х	Х		Х
52-54				
54-56				
56-58				
58-60				
60-62	Х	Х		Х
62-64				
64-66				
66-68				
68-70				
70-72	Х	Х		X
72-74				
74-76				
76-78				
78-80				
80-82	Х	Х		X
82-84				

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹
84-86				
86-88				
88-90				
90-92	Х	Х		X
92-94				
94-96				
96-98				
98-100				
100-102	Х	Х		Х
102-104				
104-106				
106-108				
108-110				
110-112				
112-114				
114-116				
116-118				
118-120				
120-123				
123-130	x	X		Х
130-135				

. •

Description de la carotte MO-180 du bassin est du lac Tantaré prélevée

par 5.5 m de fond et diverses analyses exécutées.

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹
135-140				
140-145				
145-150				
150-155	x	Х		x
155-160				
160-165				
165-170				
170-175				
175-180	Х	Х		Х
180-185				
185-190				
190-195				
195-200				
200-205	Х	Х		Х
205-210				
210-215				
215-220				
220-225				
225-230	x	X		x
230-235				
235-240				

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹
240-245				
245-250				
250-255	X	Х		X
255-260				
260-265				
265-272				
272-275				
275-280				
280-285				
285-290				
290-295				
295-300				
300-305	Х	Х		Х
305-310				
310-315				
315-320				
320-325	Х	Х		Х
325-330				
330-335				
335-340	·			
340-345				

A19

Intervalle (cm)	Н ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹
345-350				
350-355	Х	Х		Х
355-360				
360-365				
365-370				
370-375	X	X		Х
375-380				
385-390				
390-395				
400-405	х	Х		X
405-410				
410-415				
415-420				
420-425				
425-430	х	Х		X
430-435				
435-440				
440-445				
445-450				
450-455	x	X		X
455-460				

Description de la carotte MO-180 du bassin est du lac Tantaré prélevée par 5.5 m de fond et diverses analyses exécutées.

Intervalle (cm)	H ₂ 0	С	¹³⁷ Cs	Géo ¹
460-465	· · ·			
465-470				
470-475				
475-480	х	X		Х
480-485				
485-490				
490-495				
495-5 00				
500-505	x	X		X
505-510				
510-515				
515-520				
520-525				
525-530	Х	Х		X
530-535				
535-540				
540-545				
545-550				
550-555	x	X		X
555-563				

TOTAL 146 échantillons

Description sédimentologique

0-480 cm gyttja organique

480-510 transition d'organique à inorganique

510-525 argile organique

525-543 argile

543-563 sable

¹Géochimie: Al, Fe, Mg, Ca, Na, Hg, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cr, Ag



L'utilisation du pollen sédimentaire des hydro-macrophytes comme indice de paléo-acidification des eaux lacustres

OUELLET, M. et COX, W.¹

La présente recherche repose sur le fait qu'il semble de plus en plus évident que l'acidification des eaux lacustres a pour effet de favoriser le développement des hydro-macrophytes à feuilles basilaires formant des rosettes, telles les Isoetes, les Eriocaulon et les Elatine. Par contre, ce même phénomène aurait tendance à réduire ou encore à éliminer les plantes aquatiques à larges feuilles isolées telles les Nuphar, les Potamogeton, etc.

Dans le but de vérifier cette hypothèse, plusieurs échantillons de sédiments en provenance de carottes courtes des lacs Laflamme et Tantaré ont été analysés pour leur contenu en pollens et spores. Dû à la faible contribution des pollens d'hydro-macrophytes (0-4%) aux spectres fossiles étudiés; il fut impossible de déceler de manière significative des tendances positives ou négatives qui refléteraient l'évolution de l'abondance et de la diversité de ces plantes. Tant pour les échantillons du lac Laflamme, où les plantes aquatiques abondent actuellement, que pour ceux du lac Tantaré où elles ont subi une baisse importante depuis 1949, il est impossible de vérifier l'hypothèse ci-haut mentionnée.

La très faible production pollinique des plantes aquatiques relativement, en particulier, à celle des conifères et des bouleaux, est la principale cause de l'impossibilité d'utiliser cette méthode paléolimnologique comme un indicateur de l'évolution de l'acidité des eaux lacustres.²

Étudiante, Brock University, St. Catharines, Ontario, L2S 3A1

² Tiré du 11ième rapport annuel de l'INRS-Eau (1979-80)

ANNEXE C

THE USE OF FOSSIL DIATOMS AS INDICATORS OF THE EVOLUTION OF LAKE ACIDITY

by

Mike Dickman¹, Wendy Cox¹ and Marcel Ouellet²

Third annual Meeting of the Canadian chapter of the International Society for theoretical and applied Limnology (SIL) Montréal, January 7, 1981

 $^{^1\}rm Biological$ Sciences Department, Brock University, St. Catharines, Ontario $^2\rm Institut$ National de la Recherche Scientifique, Sainte-Foy, Québec

ABSTRACT

It has been difficult to estimate the exact pH of a lake using sediment diatom indicator species. However, it has proved possible to accurately estimate the <u>rate</u> of lake acidification by comparing the ratio of acidophilic to acidobiontic diatoms in progressively deeper (older) lake sediment layers.

Using a modification of the Nygaard Omega index which we based on planktonic diatom pH indicator species we were able to estimate the rate of acidification in two lakes located near Quebec city.

In one of these lakes, Lac Laflamme, there was no significant difference in the 1915 and 1980 diatom inferred pH. In Lac Tantaré, on the other hand, a consistent pattern of increased acidity as inferred from down core diatom stratigraphy was observed. In Lac Tantaré no significant changes in pH were observed until the mid 1900's. Since that time the lake has been acidifying at roughly 0.2 of a pH unit per decade.

We feel that the application of the diatom inferred pH technique to indicate the rate of lake acidification will permit water managers to rank lakes according to their susceptibility to rapid acidification from acid rain. On this basis, lakes requiring immediate attention and remedial action could then be selected before their fish species were eliminated.
INTRODUCTION

The burning of fossil fuels and the roasting of sulfide rich ores results in the generation of sulfur and nitrogen oxides. These oxides form dilute solutions of sulfuric and nitric acids which accumulate in poorly buffered lakes as a result of acid rain, acid snow and dry-fall deposition. As a result of this accumulation of acid-rich materials, the rate of elimination of natural fish (and other biotic assemblages) in poorly buffered Canadian Shield Lakes is rapidly accelerating (Beamish et al., 1975).

The purpose of our study was to define a reliable method for estimating the <u>rate</u> of lake acidification so that lakes which are undergoing rapid acidification can be identified and once identified, given priority in a remedial treatment program.

Our method was based on the observations of Nygaard (1956) and Merilainen (1967) that diatoms of acidophilous and acidobiontic groups are capable of indicating the pH of the water in which they live. Because a number of planktonic diatoms reflect the pH of the water in which they are growing it is reasonable to assume that diatoms deposited 100 years ago onto a lake's bottom, reflect the pH of that lake at that time. Thus, in theory, it appears possible to infer the average pH of a lake at any point in time by determining the ratio of its acidophilic to acidobiontic diatoms in its sediments. By estimating the number of acidophilic and acidobiontic diatoms at varying depths in a lake's sediments we have attempted to estimate the rate of lake acidification.

METHODS

Lohman (1972) described the method which we followed for preparing diatoms in lake sediment cores for microscopic enumeration. Sediments from carbonatepoor lakes were prepared by boiling the samples in hydrogen peroxide to remove the organic fraction. A series of decantations were then used to remove excess clays. Mikkelsen reported that diatoms settle out at a rate of roughly one mm per minute (H.T. Brady, 1977). Thus repeated decantations of the slower settling clays served to concentrate the diatoms by removing the lighter clastics.

If the lake was carbonate-rich, the diatoms were boiled in acid according to the method of Patrick and Reimer (1966). If a large amount of siliceous clastics remained they were separated out using the method of Brady (1977). In brief, zinc bromide was added to the sample until the density of the water had increased to about 2.3 g/cc. After 24 hours the diatoms had settled to the bottom while the small siliceous shards were still suspended in the dense liquid. These siliceous clastics were then removed by decanting off the supernatant. The diatom concentrate was then washed three times with distilled water and then the slurry was poured into a Battarbee sedimentation plate. The overlying water was evaporated off leaving an even film on the four replicate coverslips which were located on the bottom of the Battarbee sedimentation tray. These coverslips were then mounted in hyrax or permamount and appropriately labelled and stored.

Diatoms were counted at a magnification of 400 times and identified at a magnification of 1 120 times using a Nomarsky Interference equipped Leitz Microscope. A minimum of 300 diatom frustules were counted for each of the four replicate slides. The number of replicates counted was a function of the variance. The higher the variance the more replicates were counted.

C5

RESULTS AND DISCUSSION

Two indices of lake pH were employed:

- 1) The Nygaard Omega (W) index (acidobiotic $x \ 5 + acidophilic x$), and (#alkalibiontic + alkaliphilous taxa)
- the plankton species Omega index (same as above for planktonic diatoms only, figures 1 and 2).

From these data we have concluded that:

- Lac Laflamme became more alkaline following a logging operation in 1945 but that pH returned to its 1915 level and no other significant changes in pH occurred between the period 1915 to 1980.
- Lac Tantaré has been acidifying at roughly 0.2 pH unit every ten years over the period 1950-1980.
- 3) Although changes in mean pH over time can be estimated from the alkalibiontic to alkaliphilic diatoms in a lake, the exact pH of the lake is not estimated by this technique due to the high variance associated with the estimation of diatom relative abundance in lake sediment samples.

The accuracy of the estimated pH values can be improved by using only planktonic species of diatoms in the Nygaard Omega index. Increasing the number of diatoms counted and the number of replicates counted increases precision. Counting up to 2,000 diatom frustules from a total of four replicates may be necessary to reduce variance. We feel that the results of the diatom analyses described above permit us to use diatoms to indicate the relative rate of lake acidification but not always the absolute pH of a lake.

In time, the use of diatoms in lake sediments may give scientists a new tool for estimating the rate of lake acidification. This information would then be turned over to lake watershed managers for rating or ranking lakes according to their susceptibility to acid rain.



+ 3

. 9

in Mariana 1985 - Anna

CONCLUSION

Since the sediments of a lake represent, in part the deposition of the diatoms which have settled to the lake's bottom, year after year, it is possible to take a sediment core from the lake and use this to analyze the change in diatom species composition at successively deeper, hence older, periods in the lake's past. From the ratio of acid loving diatoms (acidophilic species) to acid requiring species (acidobiontic species) it is possible to infer the pH of the lake at different periods (depths) in the lake's past. The rate of change in the lake's pH can then be plotted (figures 1 and 2).

REFERENCES CITED

- BEAMISH, R.J. and W.L. LOCKHARD, J.C. VAN LOON and H.H. HARVEY (1975). longterm acidification of a lake and resulting effects on fishes. <u>Ambio</u> 4: 98-102.
- BRADY, H.T. (1977). Extraction of diatoms from glacial sediments. Antartic Journal: 123-124.
- LOHMAN, K. (1972). A Procedure for the microscopical study of diatomaceous sediments. Nova Hedwigia Beiheift, 39: 267-283.
- MERILAINEN, J. (1967). The diatom flora and the hydrogen ion concentration of the water. Ann. Bot. Fenn., 4: 51-58.
- NYGAARD, G. (1956). Ancient and recent flora diatoms and Chrysophyceae in Lake Gribso. In K. Berg and I. Clemens Petersen, Studies on the humic, acid Lake Gribso. Folia limnol. Scand., 8: 32-94, 253-262, 12 plates.
- PATRICK, R. and C. REIMER (1966). The Diatoms of the United States. Vol. I, Monograph of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, no 13, 688 p.

۳