

Record Number: 970
Author, Monographic: Visser, S. A.//Couture, P.
Author Role:
Title, Monographic: Étude de quelques effets de la matière organique dissoute provenant de la Baie-James sur des processus physiologiques dans le milieu aquatique
Translated Title:
Reprint Status:
Edition:
Author, Subsidiary:
Author Role:
Place of Publication: Québec
Publisher Name: INRS-Eau
Date of Publication: 1978
Original Publication Date:
Volume Identification:
Extent of Work: viii, 69
Packaging Method: pages
Series Editor:
Series Editor Role:
Series Title: INRS-Eau, Rapport de recherche
Series Volume ID: 97
Location/URL:
ISBN: 2-89146-094-4
Notes: Rapport annuel 1978-1979
Abstract: Rapport rédigé pour la Société d'énergie de la Baie-James
10.00\$
Call Number: R000097
Keywords: rapport/ ok/ dl

Etude de quelques effets de la matière
organique dissoute provenant de la baie James
sur des processus physiologiques dans le
milieu aquatique

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500, Sainte-Foy
Québec G1V 4C7

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 97
1978

Rapport rédigé pour
la Société d'énergie de la baie James

par
S.A. Visser, P. Couture

Etude de quelques effets de la matière
organique dissoute provenant de la baie James
sur des processus physiologiques dans le
milieu aquatique

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500, Sainte-Foy
Québec G1V 4C7

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 97
1978

Rapport rédigé pour
la Société d'énergie de la baie James

par
S.A. Visser, P. Couture

ISBN 2-89146-094-4

DEPOT LEGAL 1978

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés

© 1978 - Institut national de la recherche scientifique

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	v
CHAPITRE I: INTRODUCTION GENERALE	1
Effets de la matière organique réfractaire (matière humique) sur des processus vitaux de la vie aquatique	
REFERENCES	5
CHAPITRE II: EFFETS DE LA MATIERE ORGANIQUE BRUTE PROVENANT DES STATIONS G2-117 ET 130 DU RESERVOIR DESAULNIERS SUR PLUSIEURS PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES DE L'ALGUE <i>Selenastrum capricornutum</i>	13
A- Introduction	13
B- Méthodologie	13
C- Résultats et discussion	16
1- Effets de la matière organique sur la concentration du carbone organique dans le milieu	16
2- Effets de la matière organique sur la biomasse de <i>Selenastrum capricornutum</i>	18
3- Effets de la matière organique sur le processus de photosynthèse par <i>Selenastrum capricornutum</i>	20
4- Effets de la matière organique sur la production d'ATP par <i>Selenastrum capricornutum</i>	21
REFERENCE	22
CHAPITRE III: EVOLUTION PENDANT UNE ANNEE DES EFFETS DE LA MATIERE ORGANIQUE BRUTE PROVENANT DES STATIONS G2-117 ET 129 DU RESERVOIR DESAULNIERS SUR PLUSIEURS PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES DE L'ALGUE <i>Selenastrum capricornutum</i>	23

A-	Introduction	23
B-	Méthodologie	23
C-	Résultats et discussion	25
1-	Effets durant une année de la matière organique provenant de deux stations de la région de la baie James sur la production de chlorophylle par <i>Selenastrum capricornutum</i>	25
2-	Effets durant une année de la matière organique provenant de deux stations de la région de la baie James sur le taux de photosynthèse par <i>Selenastrum capricornutum</i>	26
3-	Effets durant une année de la matière organique provenant de deux stations de la région de la baie James sur la synthèse d'ATP par <i>Selenastrum capricornutum</i>	26
	REFERENCES	27
	CHAPITRE IV: EFFETS DE DIFFERENTES FRACTIONS MOLECULAIRES DE LA MATIERE ORGANIQUE PROVENANT DES STATIONS G2-107 ET 129 DU RESERVOIR DESAULNIERS SUR LE TAUX DE REPRODUCTION DE L'ALGUE <i>Selenastrum capricornutum</i>	28
A-	Introduction	28
B-	Méthodologie	28
C-	Résultats et discussion	30
	CHAPITRE V: EFFETS DE LA FRACTION INORGANIQUE ATTACHEE A LA MATIERE ORGANIQUE SUR LA BIOMASSE DE <i>Selenastrum capricornutum</i> ET SUR SA PRODUCTION D'ATP	33
A-	Introduction	33
B-	Méthodologie	33
C-	Résultats et discussion	34
1-	Effets de la fraction inorganique sur la biomasse de <i>Selenastrum capricornutum</i>	34
2-	Effets de la fraction inorganique sur la production d'ATP par <i>Selenastrum capricornutum</i>	34

CHAPITRE VI: CONCLUSIONS GENERALES ET PREVISIONS	35
A- Conclusion générale	35
B- Poursuite des travaux	36
REFERENCES	36

LISTE DES TABLEAUX

1-	Evolution de la concentration du carbone organique dans des cultures de <i>Selenastrum</i> en présence de différentes concentrations initiales de matière organique	38
2-	Production de biomasse (nombre de cellules de <i>Selenastrum</i> par ml) en présence de différentes concentrations de matière organique	39
3-	Efficacité de la production de biomasse (nombre de cellules de <i>Selenastrum</i> par ml/ μ g de matière organique ajoutée par ml) en présence de différentes concentrations de matière organique	40
4-	Efficacité de l'assimilation relative de C par <i>Selenastrum</i> (mg C assimilé par cellule d'algue/ μ g de matière organique ajoutée par ml) en présence de différentes concentrations de matière organique	41
5-	Efficacité de la production relative d'ATP par <i>Selenastrum</i> (mg d'ATP produit par cellule d'algue/ μ g de matière organique ajoutée par ml) en présence de différentes concentrations de matière organique	42
6-	Production de biomasse (nombre de cellules de <i>Selenastrum</i> par ml) en présence de différentes concentrations de matière organique oxydée	43
7-	Tableau récapitulatif des effets de la MO provenant des eaux du réservoir Desaulniers	44
8-	Poursuite des travaux (prévisions)	45

LISTE DES FIGURES

- 1- Evolution du carbone organique au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers 47
- 2- Evolution du pourcentage de changement dans la concentration du carbone organique relative à celle dans le milieu sans ajout de matière organique, au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers 48
- 3- Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml) au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers 49
- 4- Evolution du pourcentage de changement dans la production de biomasse (nombre de cellules par ml) relative à celle dans le milieu sans ajout de matière organique, au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers 50
- 5- Evolution de l'efficacité de la production relative de biomasse (nombre de cellules par ml et par ppb de matière organique ajoutée) au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers 51

- 6- Evolution du pourcentage de changement dans l'efficacité de la production relative de biomasse (nombre de cellules par ml et par ppb de matière organique ajoutée) relative à celle dans le milieu avec la concentration naturelle de matière organique (1x) au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers 52
- 7- Evolution de l'efficacité de l'assimilation relative de C (mg C assimilé par ml et par ppb de matière organique ajoutée) au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers 53
- 8- Evolution de l'efficacité de production d'ATP dans le milieu PAAP (10%) avec la concentration de phosphore sous forme de phosphate 54
- 9- Evolution de l'efficacité de la production relative d'ATP (mg d'ATP produit par cellule et par ppb de matière organique ajoutée) au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans l'eau de la rivière Desaulniers 55
- 10- Evolution pendant une année des effets de la matière organique brute provenant du réservoir Desaulniers sur la production de chlorophylle par *Selenastrum* lors de son incubation pendant 9 jours dans l'eau du réservoir à laquelle était ajoutée de la MO en différentes concentrations 56
- 11- Evolution pendant une année des effets de la matière organique brute provenant du réservoir Desaulniers sur l'assimilation de carbone par *Selenastrum* lors de son incubation pendant 9 jours dans l'eau du réservoir à laquelle était ajoutée de la MO en différentes concentrations 57

- 12- Evolution pendant une année des effets de la matière organique brute du réservoir Desaulniers sur la production d'ATP par *Selenastrum* lors de son incubation pendant 9 jours dans l'eau du réservoir à laquelle était ajoutée de la MO en différentes concentrations. 58
- 13- Evolution pendant une année des effets de la matière organique brute provenant du réservoir Desaulniers sur l'efficacité de la production relative d'ATP (production d'ATP/production de chlorophylle) par *Selenastrum* lors de son incubation pendant 9 jours dans l'eau du réservoir à laquelle était ajoutée de la MO en différentes concentrations. 59
- 14- Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire 100 - 20,000) provenant de la station G2-107. 60
- 15- Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire entre 20,000 et 50,000) provenant de la station G2-107. 61
- 16- Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire > 300,000) provenant de la station G2-107. 62
- 17- Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire entre 100 et 20,000) provenant de la station G2-117. 63

- 18- Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire entre 20,000 et 50,000) provenant de la station G2-117 64
- 19- Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire entre 20,000 et 50,000) provenant de la station G2-129 65
- 20- Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire > 300,000) provenant de la station G2-129 66
- 21- Evolution de la production de biomasse (nombre de cellules par ml) au cours de période d'incubation d'une culture de *Selenastrum* dans le milieu PAAP (10%) auquel a été ajoutée de la matière organique oxydée à des concentrations équivalant à 0x, 1x, 4x et 16x la concentration naturelle 67
- 22- Evolution du pourcentage de changement dans la production de biomasse (nombre de cellules par ml) relative à celle dans le milieu sans ajout de matière organique oxydée, au cours de la période d'incubation d'une culture de *Selenastrum* dans le milieu PAAP (100%) en présence de différentes concentrations de matière organique oxydée 68
- 23- Evolution du pourcentage de changement dans l'efficacité de la production d'ATP relative à celle dans le milieu sans ajout de matière organique oxydée, au cours de la période d'incubation d'une culture de *Selenastrum* dans le milieu PAAP (100%) en présence de différentes concentrations de matière organique oxydée 69

Chapitre I

INTRODUCTION GENERALE

Effets de la matière organique réfractaire (matière humique) sur des processus vitaux de la vie aquatique

La matière organique (MO) du milieu aquatique, et surtout la fraction réfractaire (matière humique, MH) dont la concentration peut, dans certaines eaux, dépasser 50 ppm, et qui représente souvent plus de 70% de la MO, peut influencer plusieurs processus chimiques, physiques et biologiques du milieu.

Les effets chimiques et physiques sont surtout liés à la structure moléculaire du matériel, aux type et nombre de groupements fonctionnels, à la présence de radicaux et de groupes avec des propriétés d'oxydo-réduction et, dans le cas d'un matériel avec un poids moléculaire élevé, de la nature colloïdale des particules. Des phénomènes tels que la solubilisation, le transport, la complexation, la chélation et la réduction de certains métaux, et l'échange ou l'adsorption de certains ions, peuvent en résulter. Par sa couleur souvent très intense, la MH peut également influencer certains processus photochimiques.

Etant donné la valeur énergétique de certaines fractions de la MO, une partie pourra être absorbée et dégradée par certaines formes de vie aquatique en leur servant de source d'énergie. En outre, des propriétés chimiques et physiques comme le pH, le potentiel redox (influençant la valence de certains ions et l'activité de plusieurs enzymes), la tensio-activité (influençant la perméabilité des membranes cellulaires), la couleur (influençant le processus photosynthétique), et les pouvoirs de complexation, de chélation et d'adsorption (influençant la disponibilité de certaines substances nutritives, toxiques ou régulatrices) peuvent profondément influencer l'écosystème aquatique. Il semble que les effets se font sentir surtout au

niveau de la perméabilité des membranes cellulaires (55, 56) et de l'activité des enzymes (36, 41, 51, 63, 70); de plus, notons des effets dus au pouvoir auxinique (40) et au pouvoir de détoxification (5, 8, 74).

La plupart des effets de la MH sur différentes formes de vie ont été étudiés par des agronomes sur des plantes supérieures d'origine terrestre. On a démontré que la MH peut avoir un effet sur un grand nombre de processus vitaux (4, 7, 20, 22, 27, 49, 54, 75) aussi diversifiés que la germination, le taux de croissance (2, 9, 12, 18, 44, 47, 48, 50, 59, 60, 61, 65, 66, 68, 76), le métabolisme général (16, 17, 28, 29, 30, 34, 46, 62, 69, 73), le contenu en constituants organique et inorganique, le pourcentage d'eau, le taux d'absorption de cations (6, 57) et d'anions, comme le phosphate (25, 35, 45), le taux de respiration (3, 21, 67) et celui de photosynthèse.

Des études concernant des formes de vie simple telles que le zooplankton (10, 15), les bactéries (1, 11, 14, 24, 31), les levures (39), les algues (26, 37, 38, 43, 52, 53) et même les virus (64) ont indiqué que la MH, à part d'être synthétisée ou dégradée par plusieurs espèces de micro-organismes, peut profondément influencer ces formes de vie à des concentrations aussi faibles que 10 ppm.

Quelques auteurs (32, 77, 78) ont étudié l'influence de la MH sur des animaux supérieurs et ont démontré, par exemple, que ce groupe de substances peut avoir un effet sur le taux d'absorption d'ions organiques et inorganiques par la membrane intestinale. A ce que nous sachions, il n'existe cependant pas d'information concernant les effets de la MH sur les poissons.

Il existe nombre de rapports traitant des applications médicales de la MH, comme dans le traitement d'ulcères et des affections épidermiques ou gastro-intestinales (13, 19, 23, 33, 42, 58, 72, 79). L'évidence n'est cependant pas très convaincante.

En général, il semble évident que l'effet physiologique de la MH n'a été étudié que d'une façon très incidente, de sorte qu'il est difficile de tirer des conclusions générales des résultats. Les problèmes fondamentaux dans la recherche sur les propriétés de la MH ont toujours été que:

1. l'origine du matériel d'essai était mal défini;
2. les méthodes d'extraction et de fractionnement étant peu fiables, elles étaient portées à changer certaines propriétés du matériel;
3. la MH utilisée dans les essais était souvent composée d'un mélange de différents types de produits;
4. le matériel était souvent mal caractérisé aux points de vue chimique et physique, de sorte qu'une comparaison entre les résultats obtenus par différents chercheurs était fréquemment impossible.

Pour ces raisons et subventionnés par le Conseil national de la recherche du Canada (CNRC) et le ministère de l'Éducation du Québec (programme de formation de chercheurs et d'action concertée, FCAC) pendant les quatre dernières années, nous avons étudié d'une façon systématique, les propriétés chimiques, physiques et biologiques de la MH, obtenue à des intervalles réguliers de plusieurs types d'eaux dans le parc des Laurentides. Avec l'aide de techniques de séparation et de fractionnement comme l'ultrafiltration par des membranes spécifiques et la chromatographie liquide, nous avons réussi à isoler des fractions de différents types de MH, chacune avec un intervalle de poids moléculaire bien défini. Ces fractions ont été caractérisées par:

- la spectrophotométrie, pour étudier les spectres d'absorption dans les régions ultraviolette, visible et infrarouge et le spectre de fluorescence;
- l'analyse élémentaire;

- l'analyse de plusieurs groupements fonctionnels;
- la détermination des propriétés tensio-actives;
- l'estimation des différents éléments traces contenus dans la MH.

Après fractionnement et purification, la MH aquatique, malgré une structure très complexe, pouvait être bien caractérisée selon ses différentes fractions, dont chacune avait ses propriétés chimiques et physiques caractéristiques. Nous avons détecté plusieurs fluctuations saisonnières dans la MH des échantillons d'eau du parc des Laurentides, autant aux points de vue qualitatifs que quantitatifs. Une étude statistique détaillée a révélé des corrélations très significatives entre les propriétés physico-chimiques des différentes fractions ainsi qu'entre certains paramètres et la saison ou le site d'échantillonnage.

Une étude sur des produits para-humiques (mélanines) formés par des souches pures de micro-organismes, dans des conditions bien contrôlées, nous a permis d'identifier certaines étapes dans la formation de la MH à partir de molécules simples.

A partir de fractions de MH bien caractérisées, nous avons commencé par étudier son effet sur différentes formes de vie aquatique comme le crustacé *Daphnia magna* et le poisson *Poecilia reticulatus*. Les résultats préliminaires ont démontré un effet détectable même à des concentrations relativement faibles (25 ppm).

Les résultats concernant l'étude du potentiel du potentiel de fertilité des eaux de la rivière Desaulniers ont, de plus, suggéré l'action de certaines formes de matière organique (MO) sur l'algue *Selenastrum capricornutum*. Différentes hypothèses furent alors formulées concernant l'action parfois stimulatrice, parfois inhibitrice, de ces substances. Afin de vérifier ces hypothèses, il fut convenu d'entreprendre une analyse plus détaillée des caractéristiques physiologiques de la MO extraite des eaux du réservoir Desaulniers.

REFERENCES

- 1- BHARDNAJ, K.K.R., and A.C. GAUR. (1970).
The effect of humic and fulvic acids on the growth and efficiency of nitrogen fixation of Azotobacter chroococcum. Folia microbiol., 15: 364-367.
- 2- BHARDNAJ, K.K.R., and A.C. GAUR. (1972).
Growth promoting effect of humic substances on Rhizobium trifolii. Indian J. Microbiol., 12: 19-21.
- 3- BIBER, V., and K. MAGAZINER. (1951).
The effect of humic and fulvic acids on the respiration of isolated plant tissues. Dokl. Akad. Nauk SSR, 76: 609.
- 4- BIBER, V. and N. BOGOLYUBOVA. (1952).
Humic acid of estuarine mud and its biological activity. Dokl. Akad. Nauk SSSR, 82: 939.
- 5- BITTON, G., HENIS, Y. and N. LAHAR. (1972).
Effect of several clay minerals and humic acid on the survival of Klebsiella aerogenes exposed to ultraviolet irradiation. Appl. J. Microbiology, 23: 870-874.
- 6- BLANCHET, P. (1957).
Influence des colloïdes humiques sur différentes phases de l'absorption des éléments minéraux par les plantes. C.R. Acad. Sci. Paris, 244: 2418-2420.
- 7- BLANCHET, R. (1958).
Actions directes et indirectes de la matière organique humifiée sur la nutrition des végétaux vasculaires. Ann. agron. Paris, 9: 499-532.
- 8- BROGAN, J.C. (1964).
The effect of humic acid on aluminium toxicity. Trans. 8th Int. Congr. Soil Sci., 1964, 227-234.
- 9- CHAMINADE, R. (1956).
Action de l'acide humique sur le développement et la nutrition minérale des végétaux. Trans. 6th Int. Congr. Soil Sci., Paris, 4: 65.

- 10- CZECZUGA, B. (1957).
The effect of humic compounds on zooplankton. Roczniki Akad. Med. Biol., 3: 89-126.
- 11- DE HAAN, H. (1974).
Effect of a fulvic acid fraction on the growth of a *Pseudomonas* from Tjeukemeer. Freshw. Biol., 4: 301-310.
- 12- DE KOCK, P.C. (1955).
Influence of humic acids on plant growth. Science, 121: 473-474.
- 13- KIETZ, W. (1961).
Studies on salicylated humic acid baths. München Med. Wschr., 103: 561-563.
- 14- DIKUSAR, M.M. (1945).
The bactericidal effect of humus. Dokl. Nauch. Konf. Timiriachev S-Kh. Akad., 1944, 2: 136-139.
- 15- DORMAAR, J.F. (1975).
Effects of humic substances from chernozemic Ah horizons on nutrient uptake by *Phaseolus vulgaris* and *Festuca scabrella*. Can. J. Soil Sci., 55: 111-118.
- 16- FLAIG, W. (1961).
The effect of humic matter on the metabolism of plants. Maataloust, Aikak., 33: 1-16.
- 17- FLAIG, W. (1970).
Effect of humic substances on plant metabolism. Second International Peat Congress, Leningrad. Edit. R.A. Robinson, H.M.S.O., Edinburg, 579-606.
- 18- GAUR, A.C. (1964).
Influence of humic acid on growth and mineral nutrition of plants. Bull. Ass. franç. Et. Sol, 5: 207-219.
- 19- GRAMSCH, H. (1961).
A contribution to the treatment of gastrophaties. Med. Mschr., 15: 685-687.
- 20- GUMINSKI, S. and Z. GUMINSKA. (1955).
Recherches ultérieures sur le mécanisme de l'activité de l'humus sur l'organisme végétal. Acta Soc. Bot. Pol., 24: 723.

- 21- GUMINSKI, S. (1960).
The effect of humic substances on the respiration of root seeds.
Acta agrobot., 9: 123-127.
- 22- GUMINSKI, S. and Z. GUMINSKA. (1962).
Direct and indirect effects of humic compounds on the organism of
higher plants. Materialy konf. nauk. "Nawozy Oragniczme", 1959:
149-156.
- 23- HAMMER, F. (1962).
Treatment of hyperacidity and its concomitant conditions and sequelae
with gastrohumate. Münch. Med. Wschr., 104: 335-337.
- 24- JAKUBIEC, M., MUSZCZAK, E. and J. SZCZERKOWSKA. (1971).
Comparison of the effect of natural and synthetic humates and EDTA
on the growth of Escherichia coli. Acta Microbiologica Polonica,
ser. B, 3: 63-66.
- 25- JELENIC, D.B., HAJDUKOVIC, M. and Z. ALEKSIC. (1966).
The influence of humic substances on phosphate utilization from label-
led superphosphate. "The Use of Isotopes in Soil Organic Matter stu-
dies". Rep. FAO/IAEA tech. Meet. Brunswick-Völkensrode 1963, 85-99.
- 26- JURAJDA, K. (1974).
Influence of sodium humate on the growth of Scenedesmus quadricanda
(Turp. Breb.) and Gonium pectorale in the case of different calcium
and iron doses. Acta Soc. Botan. Poloniae, 43: 519-530.
- 27- KHRISTEVA, L.A. (1948).
The nature of the influence of humic acid on plants. Doklady Vsesoyuz.
Akad. Selsko-khoz. Nauk im. V.I. Lenina (USSR), 13: 29-36.
- 28- KHRISTEVA, L.A. (1951).
The role of humic acids in the nutrition of plants and humic fertili-
zers. Trudy Pochv. Inst. Dokuchaeva, 38: 108-184.
- 29- KHRISTEVA, L.A. (1953).
The participation of humic acids and other organic substances in the
nutrition of higher plants. Pochvovedenie, 10: 45-59.
- 30- KHRISTEVA, L.A. (1957).
Physiological function of humic acid in the nutrition of higher plants.
Nauchn. Zap. Khersonsk. S-kh. Inst., 1957: 47-60.

- 31- KLEVENSKAYA, I.L. and B.N. KLEONOV. (1972).
Growth and nitrogen fixation of some oligonitrophilous microorganisms in humic and fulvic acids. *Izv. Sib. Otd. Akad. Nauk SSSR, Ser. Biol. Nauk*, 3: 127-129.
- 32- KLOCKING, R., HOFMANN, R. and D. MUCKE. (1968).
Experimental studies in animals on the antiphlogistic activity of humate. *Arzneimittel-Forsch.*, 18: 941-942.
- 33- KLOCKING, R. and M. SPROSSIG. (1972).
Antiviral properties of humic acids. *Experientia*, 28: 607-608.
- 34- KONONOVA, M.M. and I.V. ALEXANDROVA. (1971).
The effect of humus substances on the utilization of mineral nitrogen by plants. *Transact. Int. Symp. "Humus et Planta V"*, 497-503.
- 35- KOTLYUBA, V.G. and V.A. REUTOV. (1960).
The effect of humic acid on the uptake of phosphorus by plants. *Trudy dnepropetrov. S.-kh. Inst.*, 7: 165-166.
- 36- LADD, J.N. and J.H.A. BUTLER. (1971).
Inhibition by soil humic acids of native and acetylated proteolytic enzymes. *Soil Biol. Biochem.*, 3: 157-160.
- 37- LANGE, V. (1970).
Blue-green algae and humic substances. *Proc. 13th Conf. Great Lakes Res.*, 1970: 58-70.
- 38- LHOTSKY, S. (1960).
The influence of humic substances on cultures of algae. *Acta agrobot.*, 9: 113-116.
- 39- McLOUGHLIN, A.J. and E. KUSTER. (1972).
The effect of humic substances on the respiration and growth of microorganisms. I. Effects on the yeast Candida utilis. *Plant and Soil*, 37: 17-25.
- 40- MATO, M.C. (1976).
Effect of fungal humic-like polymers and their phenolic units on auxin destruction. *Soil Biol. Biochem.*, 8: 33-35.
- 41- MATO, M.C., FABREGAS, R. and J. MENDEZ. (1971).
Inhibitory effect of soil humic acids on indoleacetic acid oxidase. *Soil Biol. Biochem.*, 3: 285-288.

- 42- MIEHLKE, K. and G. THUERIGEN. (1961).
The effects of salicylated humic acid baths on humoral factors. Z. Rheumaforsch., 20: 39-43.
- 43- MINAR, J., MANNSBARTOVA, E. and V. TICHY. (1964).
Changes in the biological activity of agropyrene on combined application with humus substances in the cultivation of Scenedesmus obliquus (turp.) Krüger. Biol. Plant., 6: 265-272.
- 44- NIKLEWSKI, B. and J. WOJCIECHOWSKI. (1938).
The influence of humic compounds on plant development. Acta Soc. Bot. Polon., 15: 61-109.
- 45- NIKLEWSKI, B. and J. WOJCIECHOWSKI. (1938).
The influence of humic compounds on the absorption of ammonium phosphate and sulphate by plants. Acta Soc. Bot. Polon., 15: 111-151.
- 46- NIKLEWSKI, B. (1960).
Humus as a link in the metabolism of plants. Acta agrobot., 9: 5-10.
- 47- O'DONNELL, R.W. (1973).
The auxin-like effects of humic preparations from leonardite. Soil Science, 116: 106-112.
- 48- OLSEN, C. (1930).
On the influence of humic substances on the growth of green plants in water culture. C.R. Lab. Carlsberg, 18: 1.
- 49- PAULI, F.W. (1961).
Humus and plant. Sci. Progr. Lond., 49: 427-439.
- 50- PETERBURGSKII, A.V. (1962).
The effect of small doses of humic substances on the yield and chemical composition of plants. Ust. Ved. Inf. MZLVH (Rostl. Vyroba), 8: 867-880.
- 51- POSPISIL, F. and M. HRUBOVA. (1974).
The effect of humic acids and of their fractions on the phytase activity. Ustred Vyzk Ustav Rosil Vyroby, ved Prague, 18: 47-54.
- 52- PRAKASH, A., RASHID, M.A., JENSEN, A. and D.V.S. RAO. (1973).
Influence of humic substances on the growth of marine phytoplankton: diatoms. Limnol. Oceanogr., 18: 516-524.
- 53- PRAT. S. (1955).
The effect of humic substances on algae. For. Biol., 1.

- 54- PRAT, S. (1962).
The effect of humic substances on regeneration of plants. "Studies about Humus". Symp. Humus & Plant, Praha, 223-234.
- 55- PRAT, S. (1963).
Permeability of plant tissues to humic acids. Biol. Plant., 5: 279-283.
- 56- PRAT, S. (1970).
Permeability and the effect of humic substances on plant cells. Second International Peat Congress, Leningrad, Edit. R.A. Robertson, H.M.S.O., Edinburgh, 607-610.
- 57- PROZOROVSKAYA, A.A. (1936).
The effect of humic acid and its derivatives on the uptake of nitrogen, phosphorus, potassium and iron by plants. Trudy nauch. - issled. Inst. Udobr. Insektisid. Fungisid., 127: 143-161.
- 58- RE, A. (1964).
The effect of a humus extract of the endocrine system. Deutsch. Med. J., 15: 838-842.
- 59- RERABEK, J. (1960).
Humic acid interactions in the growth process. Biol. Plant., 2: 88-97.
- 60- RERABEK, J. (1963).
The effect of humic acids on growth and metabolism of plant cells. Advan. Frontiers Plant Sci., 6: 87-111.
- 61- SAALBACH, E. (1955).
Humic materials and plant growth. Landb. Forsch., 5: 88-89.
- 62- SAALBACH, E. (1956).
The influence of humic substances on the metabolism of plants. 6th Congr. Int. Sci. Sol. Rapp. D: 107-111.
- 63- SCHEFFER, F., ZIECHMANN, W. and W. ROCHUS. (1962).
The effect of humus on phosphatase activity. Naturwiss., 49: 158-159.
- 64- SCHULTZ, H. (1965).
Investigations on the viricidal effects of humic acids in peat-mull. Deutsch. Tierarztl. Wschr., 72: 294-297.
- 65- SCHNITZER, M. and P.A. POAPST. (1967).
Effects of soil humic compound on root initiation. Nature, Lond., 213: 598-599.

- 66- SHARMA, K.D., CHAWAN, D.D. and D.N. SEN. (1972).
Antagonism between humic acid and some growth "retardins". *Biochem. Physiol. Pflanzen*, 163: 477-482.
- 67- SMIDOVA, M. (1960).
The influence of humic acids on the respiration of plant roots. *Biol. Plant*, 2: 152-164.
- 68- SOCHTING, H. (1964).
Plant metabolism as affected by humus and its components, and the resulting growth and yield. *Landb. - Forsch.*, 14: 9-16.
- 69- SOUKUP, J. and J. MATOUS. (1958).
Humic substances in plant nutrition. The physiological effect of humic acids from leaf mould. *Sborn. cs1. Akad. zemed. Ved (Rostl. Vyroba)*, 31: 11-22.
- 70- STANCHEV, L. and N. MASHEV. (1972).
The effect of humic acid on oxidase reactions and gibberellin biosynthesis in plant products. *Soil Science and Agrochemistry*, 7: 43-50.
- 71- STOKLASA, J. (1962).
Effect of potassium humate on photosynthesis. *Biol. Plant.*, 4: 98-100.
- 72- TAUGNER, G. (1963).
Experimental studies on a sodium humate - salicylic acid bath. *Arzneimittel forschung*, 13: 329-333.
- 73- TICHY, V. (1960).
The effect of some humic fractions on growth and carbohydrate metabolism of plants. *Acta agrobot.*, 9: 145-158.
- 74- TICHY, V., MANNSBARTOVA, E. and J. MINAR. (1964).
Nature of the detoxicant action of humic acids. *Biol. Plant.*, 6: 306-314.
- 75- TICKY, V. and H. NECHUTOVA. (1967).
The influence of humic substances on the calorific value of the plant dry matter and on its production. *Trans. Int. Symp. "Humus et Planta IV"*, Prague, 291-292.
- 76- VIMAL, O.P. (1971).
Humic substances and plant growth. *J. Scient. Ind. Res.*, 31: 439-445.
- 77- VISSER, S.A. (1973).
Physiological action of humic acids on living cells. *4th Int. Peat Congress, Proc.*, Otaniemi, 5: 155-176.

78- VISSER, S.A. (1973).

Some biological effects of humic acids in the rat. Acta Biol. Med.

Grm., 31: 581-591.

79- WISCHMANN, J. (1960).

A contribution to the therapy of phlebitic conditions in medical practice.

Med. Mschr., 14: 316-319.

Chapitre II

EFFETS DE LA MATIÈRE ORGANIQUE BRUTE PROVENANT DES STATIONS G2-117 ET 130 DU RESERVOIR DESAULNIERS SUR PLUSIEURS PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES DE L'ALGUE *Selenastrum capricornutum*

A. INTRODUCTION

Pour vérifier si la matière organique présente dans les eaux de la région de la baie James pourrait avoir un effet sur des processus vitaux de la flore et de la faune aquatique, il fut décidé de faire des essais avec l'aide de l'algue *Selenastrum capricornutum*; cet organisme a déjà été utilisé pour la mesure de la fertilité des eaux de cette région. Il fut aussi considéré que les effets, soit toxiques, soit nutritifs, sur des organismes, sont plus décelables au niveau d'un producteur primaire qu'à un niveau trophique plus élevé.

Les effets qu'on propose d'étudier concernent surtout les processus de la croissance, de la photosynthèse et de la production d'ATP.

B. METHODOLOGIE

Pour cette étude, la MO provient de l'eau échantillonnée le 29 novembre 1976 aux stations 117 et 130 de la rivière Desaulniers. Respectivement 3 et 4 litres d'eau, de ces stations, maintenus à une température de 0°C, furent transportés par voie aérienne, à Québec, de sorte qu'ils arrivèrent aux laboratoires de l'INRS-Eau en dedans de 24 heures après prélèvement. Après filtration à travers un filtre Whatman No 541, les échantillons furent concentrés par ultrafiltration avec l'aide d'une cellule AMICON 2000 avec agitation continue et munie d'un filtre UM05 (retenant les molécules avec un poids moléculaire nominal supérieur à 100). Après lavage du résidu avec de l'eau déminéralisée, la matière organique fut ensuite obtenue sous forme de poudre par lyophilisation. Les quantités obtenues étaient de 71.4

mg et 128.4 mg pour la matière provenant respectivement des stations 117 et 130. Etant donné le peu de matériel disponible, il fut décidé de combiner les deux échantillons. Une analyse élémentaire de ce mélange a révélé la composition suivante:

C	35.0%
H	7.4%
N	2.7%
P _{tot.}	0.171%
P _{inorg.}	0.088%
Cendres	3.1%

Ce produit fut utilisé pour préparer des solutions de MO contenant les concentrations suivantes: 25 ppm (représentant la concentration naturelle dans l'eau de la rivière Desaulniers), 100 ppm (4x conc. nat.) et 400 ppm (16x conc. nat.). Comme solvants, les milieux stériles suivants furent utilisés:

1. le milieu PAAP¹: (dilué 10x pour les macro-nutriments dans le but de rendre sa composition plus comparable avec celle du milieu Desaulniers; voir p. 15).

Ce milieu contenait les éléments suivants:

N	0.420 ppm	Na	1.100 ppm	Cu	0.004 ppb
P	0.019 ppm	K	0.047 ppm	Mo	2.9 ppb
Mg	0.290 ppm	B	32.5 ppb	Fe	33.1 ppb
S	0.191 ppm	Mn	115.4 ppb		
C	0.214 ppm	Zn	15.7 ppb		
Ca	0.120 ppm	Co	0.4 ppb		

et un agent chélateur: EDTA 300 ppb;

¹ Environmental Protection Agency (1971). Algal Assay Procedure. National Eutrophication Research Program, EPA.

2. l'eau du milieu Desaulniers, filtrée par le filtre UM05 et ne contenant donc que des traces de matière organique avec un poids moléculaire inférieur à 100. Cette eau contenait en moyenne: 0.1 ppm $N_{\text{tot.}}$, 0.01 ppm $P_{\text{tot.}}$, 3.0 ppm Ca et 0.6 ppm Mg. La concentration en $C_{\text{org.}}$ était inférieure à 0.05 ppm; celles en Fe et Mn étaient, elles, inférieures à 0.01 ppm.

Ces milieux, avec ou sans ajout de MO, furentensemencés avec ~ 5500 cellules de l'algue *Selenastrum capricornutum* et ensuite incubés sous les conditions suivantes: 16 heures de photo-période (5400 lux) suivies par 8 heures d'obscurité, toujours à une température de $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Durant la période d'incubation, les cultures furent agitées constamment. A des dates pré-sélectionnées, le nombre d'algues (cellules/ml) dans les cultures fut déterminé à l'aide d'un compteur de particules (Coulter Counter, modèle TA); le nombre fut corrigé en soustrayant le nombre de particules déjà présentes avant l'ensemencement.

Quant aux méthodes d'analyse utilisées pour les cultures, elles comprenaient:

- a. une estimation du carbone organique à l'aide d'un analyseur automatique de carbone organique et inorganique (Beckman, modèle 915-A);
- b. une estimation de la vitesse de photosynthèse à partir de la quantité de ^{14}C fixé pendant une incubation de 2 heures en présence des ions $\text{H}^{14}\text{CO}_3^-$. Après élimination du ^{14}C non-fixé, par acidification et aération, la quantité de ^{14}C fixée par l'algue fut estimée, dans un mélange du milieu de culture et d'Aquasol, en utilisant un compteur à scintillation (Picker);
- c. une estimation de la quantité d'ATP présente dans les milieux incubés. A cette fin, un aliquot du milieu fut bouilli dans du tampon TRIS. Après addition de l'enzyme luciférase, la lumière émise fut alors mesurée à l'aide d'un ATP mètre (JRB, modèle 2000).

C. RESULTATS ET DISCUSSION

1) Effets de la matière organique sur la concentration du carbone organique dans le milieu

Le carbone organique dosé dans les milieux au cours de la période d'incubation comprend les fractions suivantes:

1. $C_{org.}$ présent au départ dans les milieux de culture de base. Cette quantité peut être considérée comme négligeable (~ 0.1 ppm venant du chélateur);
2. $C_{org.}$ présent dans la MO ajoutée (C: 35.6%), représentant 8.9 ppm C pour la MO ajoutée à la concentration dans le milieu naturel;
3. $C_{org.}$ présent dans l'ajout de 5500 algues (représentant dans les milieux 0.5 ppm $C_{org.}$).
4. $C_{org.}$ synthétisé par l'algue, suite à son activité photosynthétique.

Une augmentation en $C_{org.}$ au cours de la période d'incubation est l'indice d'une augmentation des produits résultant du processus photosynthétique. Par rapport aux valeurs du $C_{org.}$ au jour 0, les données du Tableau 1 indiquent pour les deux milieux les augmentations suivantes:

	Milieu PAAP (dilué 10x)			Eau de la rivière Desaulniers		
	jour 5	jour 10	jour 20	jour 5	jour 10	jour 20
MO 1x	+ 16.7%	+ 87.8%	+ 38.9%	+ 42.2%	+ 11.1%	+ 11.1%
MO 4x	+ 1.7%	+ 41.2%	+ 37.8%	+ 8.1%	+ 11.0%	+ 5.2%
MO 16x	- 6.9%	+ 5.1%	+ 14.1%	- 7.8%	+ 1.7%	+ 4.2%

En général, au cours de la période d'incubation, il y a donc une plus grande augmentation de la production dans le milieu PAAP que dans l'eau ultrafiltrée de la rivière Desaulniers (Fig. 1). Ceci est certainement dû au fait que le milieu PAAP est plus apte à supporter une croissance de *Selenastrum*.

La Fig. 2 démontre l'importance de la MO sur l'activité de *Selenastrum* dans l'eau de la rivière. Elle indique que l'effet pour une même concentration de la MO est beaucoup plus important dans l'eau de la rivière que dans le milieu PAAP, surtout lors des 10 premiers jours d'incubation.

En calculant l'augmentation de concentration de $C_{org.}$ des milieux 1x, 4x et 16x par rapport à celle de 0x, les données du Tableau 1 révèlent qu'après 20 jours d'incubation, la présence de la MO s'est manifestée par les augmentations de $C_{org.}$ suivantes:

Conc. mat. org.	effet mat. org. sur le milieu PAAP (10%)	effet mat. org. sur le milieu Desaulniers	effet Des. / effet PAAP
1x conc. nat.	1.1x	4.0x	3.6x
4x conc. nat.	7.0x	17.3x	2.5x
16x conc. nat.	25.1x	70.5x	2.8x

Il apparaît donc que l'effet de la MO dans l'eau pauvre en nutriments du milieu Desaulniers est en moyenne 3x plus grand que celui dans le milieu PAAP (10%).

2) Effets de la matière organique sur la biomasse de *Selenastrum capricornutum*

En absence de MO le milieu PAAP (10%) peut mieux supporter la biomasse de l'algue (mesurée comme le nombre de cellules) que l'eau de la rivière Desaulniers (Fig. 3). Cependant, l'effet relatif de la MO sur la production de biomasse de l'algue est supérieur dans le cas de l'eau de la rivière que dans celui du milieu PAAP (10%). Ceci est particulièrement évident en considérant à partir du Tableau 2 l'augmentation de la biomasse d'algues après 20 jours d'incubation (Fig. 4):

Conc. mat. org. ajoutée	augmentation de biomasse dans le milieu PAAP	augmentation de biomasse dans l'eau du milieu Desaulniers
1x conc. nat.	0x	5x
4x conc. nat.	1x	50x
16x conc. nat.	3x	250x

Après une période d'incubation de 20 jours, la présence de MO à la concentration naturelle, dans l'eau du milieu Desaulniers, a donc produit une biomasse d'algues 5x supérieure à celle produite en absence de MO. Ce matériel semble donc fournir à l'algue des substances essentielles pour sa croissance et qui sont normalement en concentrations limitantes dans ce milieu.

Dans le cas du milieu PAAP, le Tableau 2 montre, qu'après une période d'incubation de 20 jours, le nombre d'algues présentes dans le milieu auquel on a ajouté de la MO à une concentration de 16x la concentration naturelle est de 2,152,110 par ml, tandis que le nombre d'algues présentes dans le milieu sans ajout de MO est de 492,000 par ml. L'augmentation due à la présence de la MO est donc de 1,660,110 cellules d'algues par ml. Cette augmentation correspond pour le milieu PAAP, dont le seul facteur limitant est le phosphore, à un ajout contenant 0.043 mg P/l (Greene *et al.*, 1957). D'autre part, les 384 mg de MO ajoutée (16x la concentration naturelle) ont con-

tribué 0.34 mg P (0.088%; voir p. 14), ce qui démontre la présence d'un facteur inhibiteur lié à la MO qui empêche l'algue de bénéficier de toute la quantité de P contenue dans la MO.

Plus la concentration dans le milieu de la MO est élevée, moins l'écart entre la biomasse produite dans les milieux PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière est grand (Fig. 3):

concentration de la mat. org. ajoutée	$\frac{\text{biomasse produite dans PAAP (10\%)}}{\text{biomasse produite dans Desaulniers}}$
1x conc. nat.	17.2
4x conc. nat.	3.7
16x conc. nat..	1.7

A une concentration de MO de 16x la concentration en milieu naturel, il existe donc relativement peu d'écart entre la production de biomasse par l'algue dans les deux types de milieu.

Si, à partir des données du Tableau 2, on calcule pour le jour 20 le rapport des pourcentages d'augmentation de la production pour les différentes concentrations de MO ajoutée, on arrive aux résultats suivants:

	milieu PAAP (10%)	milieu Desaulniers
4x conc. nat. comparée avec 1x	60x	12x
16x conc. nat. comparée avec 4x	3x	6x

Etant donné que l'effet sur la biomasse à de faibles concentrations de MO est plus marqué que celui à des concentrations plus élevées, il apparaît, comme l'indique surtout l'effet observé sur le milieu PAAP (10%), qu'à de hautes concentrations en MO, certains facteurs nutritifs dans le milieu deviennent limitants, soit par épuisement suite à la forte croissance de l'algue, soit suite à une interaction avec la MO.

Pour la gamme de concentrations de MO étudiée, le Tableau 3 et la Fig. 5 indiquent que l'efficacité de la production de biomasse est toujours plus élevée dans le cas du milieu PAAP (10%) que dans celui de l'eau de la rivière.

Toutefois, comme le montre la Fig. 5, pour le milieu Desaulniers, l'efficacité augmente avec l'augmentation des concentrations de MO, alors que pour le milieu PAAP (10%), elle diminue. Un tel phénomène pourrait s'expliquer par le fait que des milieux riches ou pauvres en substances nutritives auraient tendance à diminuer l'efficacité de la production. Le comportement de *Selenastrum* dans le milieu PAAP (10%) implique également qu'à des concentrations élevées en MO, l'algue est capable de l'utiliser comme source d'énergie.

D'autre part, l'efficacité de la production de biomasse dans l'eau de la rivière suggère fortement que pour ce milieu la MO est d'abord une source de nutriments essentiels à la croissance de l'algue: plus la concentration de ceux-ci augmente dans le milieu, plus leur impact sur l'efficacité diminue (Fig. 6: l'écart entre 16x et 4x étant inférieur à celui entre 4x et 1x). Le comportement de *Selenastrum* dans l'eau du milieu Desaulniers implique donc qu'il manque dans ce milieu des éléments essentiels à la croissance de l'algue et qu'ils peuvent être fournis par la MO.

3) Effets de la matière organique sur le processus de photosynthèse par *Selenastrum capricornutum*

On a déjà constaté dans la section 2 que l'algue pouvait se servir de la MO pour augmenter sa biomasse et que l'efficacité de cette production de biomasse dépend de la composition initiale du milieu; en effet, dans le cas où le milieu était relativement riche (comme le milieu PAAP 10%), l'efficacité pouvait diminuer avec un ajout de MO, alors que pour un milieu relativement pauvre (comme l'eau du milieu Desaulniers), un ajout de MO pouvait avoir un effet stimulateur sur l'efficacité de la production de biomasse.

Dans le cas de la photosynthèse, cependant (Tableau 4), l'efficacité semble diminuer dans les deux milieux avec des augmentations de la concentration de MO. On observe également, pour l'intervalle de concentrations de MO étudiée, que l'efficacité de l'assimilation de C par l'algue est normalement plus élevée dans l'eau de la rivière que dans le milieu PAAP (10%). L'explication de ces effets est le suivant: le milieu Desaulniers étant plus pauvre en nutriments que le milieu PAAP (10%), il exerce plus de stress sur l'algue et l'induit à une efficacité plus grande dans la fixation du CO₂. Initialement, chaque ajout de MO, donc chaque enrichissement du milieu, diminue le stress et augmente donc l'efficacité de photosynthèse jusqu'à ce qu'un plateau soit atteint.

L'effet d'une atténuation de l'intensité de la lumière par la MO a été étudié en comparant la performance de l'algue dans un milieu dans lequel la MO était dissoute (système no 1), avec celle dans un système (no 2) où l'algue n'était pas en contact avec la MO mais où la lumière, avant d'atteindre la culture, devait d'abord passer à travers une solution avec la même concentration en MO que dans le système no 1. Il s'est avéré que l'effet de l'atténuation de la lumière par la MO était négligeable pour les deux plus faibles concentrations de la MO.

Finalement, il faut remarquer que l'efficacité diminue graduellement avec le temps d'incubation (Fig. 7); une diminution dans l'assimilation de ¹⁴C étant également observée dans les deux milieux en absence de MO, cela indique donc que cette diminution est due à des facteurs autres que la MO (ex.: vieillissement de la culture).

4) Effets de la matière organique sur la production d'ATP par *Selenastrum capricornutum*

La production d'ATP par une cellule peut servir d'indice de certaines activités biochimiques cellulaires: activités qui produisent de l'énergie et qui résultent en une production nette d'ATP, ou activités qui consomment

de l'énergie et qui résultent en une diminution d'ATP. Pour l'eau de la rivière Desaulniers, le Tableau 5 et la Fig. 9, illustrant l'efficacité de la production d'ATP par cellule, démontrent un effet de la MO semblable à celui observé dans le cas de l'efficacité photosynthétique. De plus, une comparaison des pourcentages de changement dans l'efficacité des deux paramètres avec des ajouts de MO dans l'eau de la rivière (Tableaux 4 et 5) démontre également que ces pourcentages sont très similaires. La raison en est que la production d'ATP dans une algue est étroitement liée à la photosynthèse et un facteur influençant l'efficacité de cette dernière aura également un effet sur l'efficacité de la production d'ATP.

La Fig. 8 démontre l'effet d'un ajout de P sur l'efficacité de la production d'ATP par *Selenastrum* dans le milieu PAAP (10%). La diminution de l'efficacité avec une augmentation en concentration de P continue jusqu'à ce qu'une concentration de P d'environ 40 ppb soit atteinte. Il est intéressant de constater qu'étant donné le pourcentage de 0.088 de $P_{inorg.}$ contenu dans la MO (p.14), un ajout de MO égale à 1x la concentration naturelle (25 mg) augmente la concentration de P dans le milieu de 22 ppb. Selon la Fig. 9, il est probable qu'un plateau soit atteint pour une concentration en MO située autour de 4x. En effet, à cette concentration de MO, la concentration de $P_{inorg.}$ serait de 88 ppb, ce qui est du même ordre de grandeur que la concentration de 40 ppb observée dans le cas illustré à la Fig. 8.

REFERENCE

- GREENE, J.C., MILLES, W.E., SHIROYAMA, T. and T.E. MALONEY. (1975).
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 and Soil Production*, 4: 415-434.

Chapitre III

EVOLUTION PENDANT UNE ANNEE DES EFFETS DE LA MATIERE ORGANIQUE BRUTE PROVENANT DES STATIONS G2-117 ET 129 DU RESERVOIR DESAULNIERS SUR PLUSIEURS PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES DE L'ALGUE *Selenastrum capricornutum*

A. INTRODUCTION

Au chapitre II, les effets de la MO sur les processus vitaux d'une algue ont été étudiés à partir des échantillons prélevés à une seule date. Pour vérifier si ces effets sont constants ou s'ils varient avec les saisons, on a décidé d'étudier l'effet de la MO provenant des échantillons de deux stations situées dans le réservoir Desaulniers et prélevés d'une façon intermittente au cours d'une année.

B. METHODOLOGIE

Le choix des stations d'échantillonnage était basé sur les stations déjà étudiées au chapitre II (G2-117 et G2-130), mais étant donné que la station G2-130 n'était normalement pas échantillonnée pendant toute la période de l'année, elle a été remplacée par G2-129. La cédule de l'échantillonnage était choisie de façon à augmenter la fréquence des prélèvements au début de l'été quand la MO est sujette à des changements plus profonds et rapides que pendant la période d'hiver:

dates d'échantillonnage des stations G2-117 et G2-129

19 avril 1977

20 juin 1977

11 juillet 1977

19 septembre 1977

12 décembre 1977

6 mars 1978

Les échantillons d'eau furent traités comme décrit dans la section "méthodologie" du chapitre II et l'effet de la MO sur l'algue *Selenastrum capricornutum* fut étudié à des concentrations de 25 ppm (1x), 75 ppm (3x) et 225 ppm (9x). Le solvant utilisé fut l'eau du réservoir Desaulniers où toute MO avec un poids moléculaire (pm) dépassant 100 avait été éliminée par moyen d'ultrafiltration utilisant un ultrafiltre AMICON UM05 (la concentration dans cette eau du carbone organique résiduelle était plus faible que 0.05 ppm). Les conditions de culture étaient pareilles à celles décrites dans la section "méthodologie" du chapitre II. Après 9 jours d'incubation les paramètres suivants furent mesurés dans des aliquots:

- la concentration en chlorophylles et phaeopigments;
- le taux de photosynthèse pendant une incubation en présence d'ions $\text{H}^{14}\text{CO}_3^-$;
- la concentration en ATP accumulé à l'intérieur des cellules d'algues.

Etant donné les problèmes inhérents à la mesure de la biomasse en utilisant un compteur de particules pour des échantillons riches en MO (voir chapitre IV), on a remplacé cette méthode par un dosage des chlorophylles. Pour ce dosage, la méthode fluorimétrique, comme décrite dans APHA-AWWA-WPCF (1975) fut suivie avec quelques modifications mineures. Etant donné que le rapport entre les différents types de chlorophylle synthétisés par *Selenastrum* n'était pas connu, cette méthode ne nous permettait pas de doser seulement la chlorophylle a (les résultats obtenus en appliquant le facteur chlorophylle a: chlorophylle b = 1.4: 1 (Long, 1961) étaient peu probables).

Les méthodes suivies pour l'estimation du taux de la photosynthèse et la concentration en ATP ont déjà été expliquées dans la section "méthodologie" du chapitre II.

C. RESULTATS ET DISCUSSION

Bien que la concentration de la MO variait pour chaque station selon la période de l'année, nous avons maintenu partout la même concentration naturelle de base de 25 ppm afin de pouvoir mieux comparer les effets des différents échantillons. Ainsi, durant la période étudiée, nous avons observé les concentrations suivantes:

date de prélèvement	concentration de la matière organique dissoute	
	station G2-117	G2-129
19-04-1977	21.0 ppm	19.1 ppm
*	*	*
20-06-1977	34.9 ppm	44.9 ppm
11-07-1977	31.4 ppm	49.6 ppm
19-09-1977	44.5 ppm	40.7 ppm
12-12-1977	42.3 ppm	48.5 ppm
06-03-1978	42.3 ppm	31.3 ppm

1) Effets durant une année de la matière organique provenant de deux stations de la région de la baie James sur la production de chlorophylle par *Selenastrum capricornutum*

La Fig. 10 démontre que la synthèse de chlorophylle par l'algue était plus faible en absence de MO et qu'elle était normalement plus élevée en présence de la plus forte concentration en MO, ce qui concorde avec les observations par la biomasse (chapitre II, section 2).

Il apparaît que la stimulation de la formation de chlorophylle par l'algue est plus élevée au cours de l'été que pendant le reste de l'année; la MO ne semble pratiquement pas avoir un effet sur la biomasse de l'algue vers la fin de la période d'hiver. Ces phénomènes pourraient être dûs au fait que parmi les composés organiques qui sont en général physiologiquement les plus actifs, on rencontre surtout ceux à pm faible (voir

* Date de la mise en eau: 26 mai 1977

chapitre IV). La concentration de ceux-ci est élevée lors de la période d'été et réduite surtout pendant l'hiver.

Ceci signifierait que la réduction dans les populations d'algues pendant les périodes froides étant d'abord la résultante des effets physiques (température, lumière), il n'en reste pas moins qu'il faille aussi soupçonner des effets chimiques tels que l'activité de la M.O.

2) Effets durant une année de la matière organique provenant de deux stations de la région de la baie James sur le taux de photosynthèse par *Selenastrum capricornutum*

La Fig. 11 démontre surtout que la MO prélevée pendant la période d'hiver a très peu d'effet sur le taux de photosynthèse à des concentrations autour de la concentration naturelle. Cette observation est bien en accord avec ce qu'on a trouvé dans la section précédente, c'est-à-dire un effet réduit de la MO de cette période sur la production de chlorophylle (donc la biomasse) par l'algue.

3) Effets durant une année de la matière organique provenant de deux stations de la région de la baie James sur la synthèse d'ATP par *Selenastrum capricornutum*

La stimulation de production d'ATP par la MO durant l'année (Fig. 12) s'avère presque inverse à celle de la chlorophylle: un effet maximal semble avoir lieu en automne et en hiver, tandis qu'en début d'été un minimum est atteint. La MO formée au début de l'été aurait donc peu d'effet sur la production de l'ATP tandis que celles formées en automne et en hiver stimuleraient cette production. La Fig. 13 dans laquelle est tracé en unités arbitraires l'effet de la MO sur l'efficacité de la production d'ATP au cours d'une année ($\frac{\text{production d'ATP}}{\text{production de chlorophylle}}$) illustre très bien ce phénomène. L'explication est sans doute la même que celle donnée au chapitre II section 3: au début de l'été, une forte production de MO à poids moléculaire faible et facilement dégradable stimule la formation de biomasse de

l'algue mais freine l'efficacité de la production de l'ATP tandis qu'en hiver, la MO est plutôt réfractaire et le milieu donc plus pauvre en substances organiques nutritives, le stress sur l'algue induisant une efficacité plus grande dans la production de l'ATP.

REFERENCES

APHA-AWWA-NPCF. (1975).

Standard methods for the examination of water and wastewater. 13th edition, 874 p., American Public Health Association, Washington.

LONG, G. (ed.). (1964).

Biochemist's Handbook. Spon, London, p. 1032.

Chapitre IV

EFFETS DE DIFFERENTES FRACTIONS MOLECULAIRES DE LA MATIERE ORGANIQUE PROVENANT DES STATIONS G2-107, 117 ET 129 DU RESERVOIR DESAULNIERS SUR LE TAUX DE REPRODUCTION DE L'ALGUE *Selenastrum capricornutum*

A. INTRODUCTION

Tandis que dans les chapitres précédents on a étudié l'effet de différentes concentrations de la MO brute sur une algue, on veut maintenant se pencher sur la question que sera l'effet des fractions à poids moléculaires (pm) différents qui composent la MO. A cette fin, on a séparé en quatre fractions moléculaires la MO provenant de trois stations du réservoir Desaulniers: G2-107, 117 et 129.

B. METHODOLOGIE

Des échantillons d'eau prélevés le 19 septembre 1977 aux stations G2-107, 117 et 129 furent traités comme décrit dans la section "méthodologie" du chapitre II.

La MO obtenu était présente dans les échantillons d'eau aux concentrations suivantes:

échantillon	date de prélèvement	conc. MO (ppm)
G2-107	19-09-1977	50.5
G2-117	19-09-1977	33.9
G2-129	19-09-1977	36.8

Avec l'aide des ultrafiltres AMICON on a ensuite séparé chaque échantillon de MO en des fractions de différents pm:

- a) 100 - 20,000
- b) 20,000 - 50,000
- c) 50,000 - 300,000
- d) > 300,000 (jusqu'à une grosseur de particules de 0.60 μ)

Les intervalles de pm pour chaque fraction furent déterminés d'après notre expérience. Etant donné que le matériel à pm autour de 25,000 est habituellement le plus abondant, il convenait d'y apporter une attention particulière. Pour cette raison, afin de bien isoler cette fraction, on a choisi l'intervalle le plus étroit possible: 20,000 à 50,000.

La distribution des fractions moléculaires exprimée en pourcentage u total de la MO obtenue était la suivante:

échantillon	intervalle du poids moléculaire			
	100-20,000	20,000-50,000	50,000-300,000	>300,000
G2-107	16.9%	31.9%	6.2%	45.1%
G2-117	9.9%	55.0%	6.5%	28.5%
G2-129	0.2%	47.8%	5.9%	46.1%

Il est évident que parmi les fractions avec un pm jusqu'à 300,000, celle avec un pm entre 20,000 et 50,000 était toujours la plus abondante: pour le matériel prélevé aux 3 stations, elle représente entre 30 et 55% du poids total de la matière organique.

En tenant compte de la concentration de la MO brute dans le milieu, on arrive aux concentrations suivantes des différentes fractions moléculaires dans l'eau des différentes stations du réservoir Desaulniers:

échantillon	intervalle du poids moléculaire			
	100-20,000	20,000-50,000	50,000-300,000	>300,000
G2-107	8.51 ppm	16.10 ppm	3.13 ppm	22.76 ppm
G2-117	3.39 ppm	18.63 ppm	2.20 ppm	9.65 ppm
G2-129	0.07 ppm	17.59 ppm	2.17 ppm	16.98 ppm

Pour simuler le plus possible les conditions naturelles, nous avons adopté dans nos expériences ces concentrations comme la concentration de base (1x). Dans le cas où on veut comparer les effets sur l'algue par différentes fractions, il faut donc tenir compte des différentes concentrations de base.

Les fractions furent utilisées pour déceler l'effet du pm de la MO sur la croissance de l'algue *Selenastrum capricornutum* sous les conditions contrôlées du laboratoire. A cette fin, nous avons appliqué les mêmes conditions telles que décrites dans la section "Méthodologie", du chapitre II. en utilisant l'eau ultrafiltrée du réservoir comme solvant. Le dénombrement des cellules d'algues à l'aide du compteur de particules se faisait après 2, 4, 7, 10, 14 et 21 jours d'incubation.

C. RESULTATS ET DISCUSSION

Une partie des résultats est présentée aux Figures 14 à 20. Il est d'abord à noter que dans certaines fractions des séries G2-107 et G2-129, le compteur de particules a indiqué souvent un maximum dans le nombre des particules entre le 2e et 4e jour d'incubation. Un pic est surtout évident dans le cas des échantillons ayant une concentration élevée en MO (normalement 8 - 16x la concentration du milieu naturel, ce qui correspond souvent à une concentration de la MO dépassant 50 ppm). Il se peut qu'au début de la période d'incubation, une agglomération de particules, micelles ou molécules de la MO s'effectue, résultant d'abord en une augmentation de particules détectables par le compteur de particules et ensuite en une diminution de particules quand de plus grandes agglomérations se forment.

Ceci signifierait que dans des échantillons riches en matière organique, les résultats des mesures sur des populations d'algues à l'aide d'un compteur de particules doivent être interprétés avec grande prudence. Il serait peut-être préférable à l'avenir de remplacer ce type de mesure par une estimation de la chlorophylle.

Si on détermine le nombre moyen de cellules dénombrées autour du 12e jour d'incubation et formées en présence d'une concentration de la MO égale à 2x la concentration naturelle (concentration à laquelle les effets qu'on vient de décrire sont normalements absents ou très faibles), on peut, pour certaines fractions, calculer l'efficacité de la MO à stimuler la croissance de l'algue ($\frac{\text{nombre de cellules}}{\text{conc. de la MO}}$):

échantillon	pm	conc. de la MO (ppm)	nombre de cellules (N)	N/ppm
G2-107	100-20,000	8.51	9,000	1058
	20,000-50,000	16.10	-	-
	>300,000	22.76	~20,000	879
G2-117	100-20,000	3.39	~6,000	1770
	20,000-50,000	18.63	19,000	1020
G2-119	20,000-50,000	17.59	(18,000)	1023
	> 300,000	16.98	16,000	942

En regroupant et recombinaut ces données selon le poids moléculaire de la MO on arrive aux résultats suivants:

pm de la MO	nombre de cellules formées par unité de poids de MO
100 - 20,000	~ 1500
20,000 - 50,000	~ 1000
> 300,000	~ 900

Ces résultats indiqueraient qu'une fraction de MO à pm faible stimule plus la croissance de l'algue qu'une fraction à pm élevé.

Chapitre V

EFFETS DE LA FRACTION INORGANIQUE ATTACHEE A LA MATIERE ORGANIQUE SUR LA BIOMASSE DE *Selenastrum capricornutum* ET SUR SA PRODUCTION D'ATP

A. INTRODUCTION

Une dernière série d'expériences a été faite dans le but de vérifier si la MO peut aussi fournir des éléments inorganiques dont l'algue peut se servir à court ou à long terme.

B. METHODOLOGIE

L'effet sur l'analyse de certains éléments inorganiques liés à la matrice organique fut vérifié en oxydant la MO provenant des stations G2-117 et G2-130 (chapitre II, section "Méthodologie") et dissoute dans de l'eau déionisée, en l'illuminant en présence de H_2O_2 pendant 6 heures avec de la lumière ultra-violette ($\lambda: \sim 313, 366 \text{ nm}$) émise par une lampe Hanovia de 450 watts, placée à une distance de 7 cm.

Cette solution servait ensuite pour préparer 3 solutions dans lesquelles les éléments inorganiques étaient présents à 1x, 3x et 16x, leur concentration naturelle. Ces solutions contenaient également tous les composants du milieu PAAP 100%*. Elles furent ensuiteensemencées avec l'algue *Selenastrum capricornutum* et incubées et analysées pour la biomasse de l'algue et son contenu en ATP comme décrit dans la section "Méthodologie" du chapitre II.

* Afin d'éviter de faire ces expériences à partir d'un milieu déséquilibré ou carencé en certains éléments on a choisi d'utiliser pour cette étude le milieu PAAP 100%.

C. RESULTATS ET DUSCUSSION

1. Effets de la fraction inorganique sur la biomasse de *Selenastrum capricornutum*

Les résultats (Tableau 6 et Fig. 21-22) indiquent qu'un effet de la MO sur la production de *Selenastrum* dans le milieu PAAP se manifeste à court terme et à faible concentration du matériel: la fraction inorganique exerce son effet maximal sur la production de biomasse autour du cinquième jour d'incubation et est plus efficace autour de la concentration naturelle (Fig. 22). L'effet consiste surtout à une prolifération rapide de l'algue et ne semble presque pas influencer la biomasse totale que le milieu peut finalement supporter sous les mêmes conditions.

Les indications sont donc que la fraction inorganique liée à la MO peut fournir au milieu certains éléments sous une forme plus facilement disponible que dans le milieu de base. On pourrait penser, par exemple, à certains éléments qui dans le milieu PAAP sont normalement présents sous forme de complexes liés avec l'EDTA.

2. Effets de la fraction inorganique sur la production d'ATP par *Selenastrum capricornutum*

La Fig. 23, qui démontre une évolution plus rapide de la production d'ATP par les cellules de *Selenastrum* incubés dans le milieu PAAP en présence de la fraction inorganique de la MO qu'en son absence, suggère également que certains éléments inorganiques sont plus facilement disponibles dans la MO oxydée que dans le milieu PAAP.

Comme nous l'avons déjà observé pour la production de biomasse, l'effet de la MO oxydée n'est presque plus détectable après une période d'incubation dépassant 20 jours; cette effet se situerait donc surtout au niveau de la rapide mise à la disposition de certains éléments essentiels au métabolisme de *Selenastrum*.

Chapitre VI

CONCLUSIONS GENERALES ET PREVISIONS

A. CONCLUSION GENERALE

Des bioessais effectués au laboratoire à l'aide de l'algue *Selenastrum capricornutum* ont clairement démontré certaines caractéristiques physiologiques de la MO extraites des eaux du réservoir Desaulniers (tableau 7). Cette matière s'est avérée efficace à modifier différents processus métaboliques de l'algue utilisée (croissance, photosynthèse, production d'ATP).

L'activité de la MO impliquée se traduit tantôt par des effets de stimulation, tantôt par des effets inhibitifs. La stimulation serait la résultante d'une plus grande disponibilité et d'une assimilation des substances nécessaires aux métabolismes des algues; ces substances seraient de nature organique ou inorganique. Les effets inhibitifs mesurés seraient la conséquence de la présence de substances toxiques ou encore des effets dus à la complexation de certaines substances inorganiques rendues ainsi non disponibles pour les algues.

Les processus d'assimilation de MO par des organismes photo-autotrophes est largement discuté dans la littérature scientifique (Neilson et Lewin, 1974; Jackson, 1975; Seepers, 1977). Toutefois, les effets résultant de cette assimilation semblent controversés (Jackson, 1975): certains semblent stimuler la croissance alors que d'autres semblent inhiber la productivité. Une explication à cette situation serait qu'au cours d'une année la composition de la MO pourrait évoluer; ainsi, les différentes fractions présentes dans le milieu auraient, à certaines périodes, un effet stimulant alors qu'à d'autres, l'effet dominant serait de type inhibitif.

La matière organique extraite à partir d'échantillons prélevés à différentes périodes montrent des caractéristiques physiologiques qui varient selon les saisons. Ainsi, la MO provenant d'échantillons d'été stimule davantage la formation de chlorophylle que celle extraite durant

d'autres périodes de l'année; la MO obtenue au début de l'été a peu d'effet sur la production d'ATP alors que celle présente en automne et en hiver stimule davantage cette production. Les fractions actives de MO seraient celles à poids moléculaire faible plutôt que celles à poids moléculaire élevé.

Un autre aspect intéressant de la MO est sans doute sa contribution à l'augmentation dans le milieu de certains nutriments comme le phosphore. Cet aspect, mis en évidence au laboratoire suggère pour le milieu naturel la présence d'une source de nutriments qui peut par la suite avoir un effet sur la production du milieu naturel. Dans cette étude, par exemple, une concentration de MO égale à 25mg/l a stimulé au laboratoire la production de *Selenastrum* d'un facteur 5. L'augmentation de la MO dans le milieu naturel suite à la mise en eau du réservoir (~ 25 → 50 ppm) serait aussi un autre facteur susceptible de stimuler la production du milieu naturel; enfin, cet apport de MO pourrait contribuer à un déficit en oxygène dans le réservoir.

B. POURSUITE DES TRAVAUX

Le tableau 8 suggère différents travaux qui pourraient être accomplis au cours de la prochaine année. Ces travaux seront réalisés à partir de la MO déjà extraite au cours des années 1977 et 1978.

REFERENCES

JACKSON, T.A. (1975).

Humic matter in natural waters and sediments. *Soil Science*, 119(1): 56-64.

NEILSON, A.H. and R.A. LEWIN. (1974)

Phycological Reviews 1. The uptake and utilization of organic carbon by algae: an essay in comparative biochemistry. *Phycologia*, 13(3): 227-264.

SEPERS, A.B.J. (1977).

The utilization dissolved organic compounds in aquatic environments. *Hydrobiologia*, 52(1): 39-54.

TABLEAUX

TABLEAU 1: EVOLUTION DE LA CONCENTRATION DU CARBONE ORGANIQUE DANS DES CULTURES DE SELENASTRUM
EN PRESENCE DE DIFFERENTES CONCENTRATIONS INITIALES DE MATIERE ORGANIQUE*.

Matière organique	milieu de culture PAPP (10%)								eau de la rivière Desaulniers (filtrée)							
	Jour 0		Jour 5		Jour 10		Jour 20		Jour 0		Jour 5		Jour 10		Jour 20	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	C _{org. total} (m.o. + algues)	C _{org.} (m.o.)	C _{org. total} (m.o. + algues)	ΔC (col. 3-2)	C _{org. total} (m.o. + algues)	ΔC (col. 5-2)	C _{org. total} (m.o. + algues)	ΔC (col. 7-2)	C _{org. total} (m.o. + algues)	C _{org.} (m.o.)	C _{org. total} (m.o. + algues)	ΔC (col. 11-10)	C _{org. total} (m.o. + algues)	ΔC (col. 13-10)	C _{org. total} (m.o. + algues)	ΔC (col. 15-10)
	ppm	ppm	ppm		ppm		ppm		ppm	ppm	ppm		ppm		ppm	
0 x	0.5	0	5.0	5.0	10.0	10.0	6.0	6.0	0	5.0	5.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
1 x conc. nat.	9.0	8.5	10.5	2.3	16.9	8.4	12.5	4.0	9.0	8.5	12.8	4.3	10.0	1.5	10.0	1.5
4 x conc. nat.	34.7	34.2	35.3	1.1	49.0	14.8	47.8	13.6	34.7	34.2	37.5	3.3	38.5	4.3	36.5	2.3
6 x conc. nat.	137.2	136.7	127.8	-8.9	144.2	7.5	156.5	19.8	137.2	136.7	126.5	-10.2	139.5	2.8	143.0	6.3

* Etant donné qu'on ne connaît pas l'effet de l'algue sur la concentration initiale de la matière organique, on a assumé que lors de la période d'incubation la conc. du carbone de la matière organique (colonnes 2 et 10) est restée constante.

TABLEAU 2 : PRODUCTION DE BIOMASSE (nombre de cellules de *Selenastrum* par ml) EN PRESENCE DE DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE MATIERE ORGANIQUE

matière organique	Milieu de culture PAAP (10%)								Eau de la rivière Desaulniers							
	Jour 0		Jour 5		Jour 10		Jour 20		Jour 0		Jour 5		Jour 10		Jour 20	
	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x
0 x	5.5	-	553	-	545	-	492	-	5.5	-	5.5	-	5.5	-	5.5	-
1 x conc. nat.	5.5	0	519	-91	476	-13	500	2	5.5	0	29	434	32	475	26	373
4 x conc. nat.	5.5	0	829	50	990	82	1,078	119	5.5	0	250	4,453	289	5,510	253	4,500
16 x conc. nat.	5.5	0	1,760	218	1,991	265	2,152	337	5.5	0	819	14,791	1,283	23,227	1,416	25,646

TABLEAU 3 : EFFICACITE DE LA PRODUCTION RELATIVE DE BIOMASSE (nombre de cellules de *Selenastrum* par ml/ μ g de matière organique ajoutée par ml) EN PRESENCE DE DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE MATIERE ORGANIQUE

matière organique	Milieu de culture PAAP (10%)								Eau de la rivière Desaulniers							
	Jour 0		Jour 5		Jour 10		Jour 20		Jour 0		Jour 5		Jour 10		Jour 20	
	N/ml ppm	% chang. rel. à 1x	N/ml ppm	% chang. rel. à 1x	N/ml ppm	% chang. rel. à 1x	N/ml ppm	% chang. rel. à 1x	N/ml ppm	% chang. rel. à 1x	N/ml ppm	% chang. rel. à 1x	N/ml ppm	% chang. rel. à 1x	N/ml ppm	% chang. rel. à 1x
1 x conc. nat.	220	-	20,777	-	19,055	-	20,016	-	220	-	1,177	-	1,267	-	1,041	-
4 x conc. nat.	55	-75	8,297	-60	9,908	-48	10,789	-46	55	-75	2,502	113	2,892	128	2,532	143
16 x conc. nat.	14	-94	4,404	-79	4,981	-74	5,384	-73	14	-94	2,049	74	3,210	153	3,543	240

TABLEAU 4 : EFFICACITE DE L'ASSIMILATION RELATIVE DE C PAR *Selenastrum* (mg C assimilé par cellule d'algue / µg de matière organique ajouté par ml) EN PRESENCE DE DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE MATIERE ORGANIQUE

matière organique	Milieu de culture PAAP (10%)						Eau de la rivière Desaulniers					
	Jour 5		Jour 10		Jour 20		Jour 5		Jour 10		Jour 20	
	$\frac{C}{\text{cell.}}$ ppm (x 10 ⁻⁹)	% chang. rel. à 1x	$\frac{C}{\text{cell.}}$ ppm (x 10 ⁻⁹)	% chang. rel. à 1x	$\frac{C}{\text{cell.}}$ ppm (x 10 ⁻⁹)	% chang. rel. à 1x	$\frac{C}{\text{cell.}}$ ppm (x 10 ⁻⁹)	% chang. rel. à 1x	$\frac{C}{\text{cell.}}$ ppm (x 10 ⁻⁹)	% chang. rel. à 1x	$\frac{C}{\text{cell.}}$ ppm (x 10 ⁻⁹)	% chang. rel. à 1x
1 x conc. nat.	3803	-	360	-	12	-	4804	-	2482	-	701	-
4 x conc. nat.	1401	-63	270	-25	11	-8	1351	-62	355	-86	275	-61
16 x conc. nat.	575	-85	128	-64	-	-	413	-91	76	-97	44	-94

TABLEAU 5 : EFFICACITE DE LA PRODUCTION RELATIVE D'ATP PAR *Selenastrum* (mg d'ATP produit par cellule d'algue / μg de matière organique ajouté par ml) EN PRESENCE DE DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE MATIERE ORGANIQUE

matière organique	Eau de la rivière Desaulniers					
	jour 5		jour 10		jour 20	
	ATP/cell.	%	ATP/cell.	%	ATP/cell.	%
	ppm ($\times 10^{-6}$)	chang. rel. à 1x	ppm ($\times 10^{-6}$)	chang. rel. à 1x	ppm ($\times 10^{-6}$)	chang. rel. à 1x
1 x conc. nat.	1.60	-	1.68	-	1.83	-
4 x conc. nat.	0.14	-91	0.16	-94	*	-
16 x conc. nat.	0.06	-96	0.05	-98	*	-

* à l'extérieur du pouvoir de résolution

TABLEAU 6 : PRODUCTION DE BIOMASSE (nombre de cellules de *Selenastrum* par ml) EN PRESENCE DE DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE MATIERE ORGANIQUE OXYDEE

matière organique (oxydée)	Milieu de culture PAAP (100%)									
	jour 0		jour 3		jour 7		jour 10		jour 20	
	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x	N/ml (x10 ³)	% chang. rel. à 0x
0 x	5.5	-	140	-	350	-	1,966	-	4,836	-
1 x conc. nat.	5.5	0	384	174	4,721	1251	4,613	135	4,604	-5
4 x conc. nat.	5.5	0	327	133	3,904	1017	3,729	90	3,203	-34
16 x conc. nat.	5.5	0	203	45	4,396	1157	4,150	111	5,117	6

TABLEAU 7: TABLEAU RECAPITULATIF DES EFFETS DE LA MO
PROVENANT DES EAUX DU RESERVOIR DESAULNIERS.

	EFFETS GENERAUX		EFFETS SAISONNIERS
	MO totale	Fractions moléculaires	
<u>A. Formation de biomasse</u>			
1. C organique	La stimulation de la production augmente avec la concentration en MO		
2. Nombre de cellules	<p>La concentration en MO du milieu naturel peut stimuler de 5 fois la production d'algues obtenue en absence de cette matière</p> <p>L'effet de la MO sur la biomasse est plus marquée à des concentrations faibles qu'à des concentrations plus élevées.</p> <p>L'efficacité de la production augmente avec la concentration de MO: la MO servirait de source de nutriments</p> <p>Les concentrations en phosphore théoriquement disponibles dans la MO sont supérieures à celles utilisées pour la synthèse de la biomasse: présence d'un facteur inhibiteur?</p>	Fractions à pm faibles sont plus actives que les fractions à pm élevées.	
3. Chlorophylle			<p>La production augmente avec la concentration de MO.</p> <p>La MO formée au cours de l'été, stimule davantage la production de chlorophylle que celle présente dans le milieu à d'autres périodes de l'année.</p>
<u>B. Photosynthèse</u>	L'efficacité diminue avec l'augmentation de concentration de MO		<p>La MO formée en hiver, a peu d'effet sur le taux de photosynthèse lorsqu'elle est ajoutée à des concentrations autour de la concentration naturelle.</p>
<u>C. Formation d'ATP</u>	L'efficacité diminue avec l'augmentation de concentration de MO		<p>La MO présente en automne et en hiver stimule la formation d'ATP; celle formée durant l'été a peu d'effet.</p>

TABLEAU 8: POURSUITE DES TRAVAUX.
(PREVISIONS)

Origine	MATERIEL		ORGANISMES	TYPE D'EXPERIENCE	
	Type	Concentration		Court terme	Long terme
<u>La Biologie</u>					
G2-117 G2-129 (avril 1977- mai 1978)	MO totale	0 x 1 x conc. nat. 3 x	Microflore naturelle: Organismes autotrophes Organismes hétérotrophes <i>Chlamydomonas</i> (chemostat) <i>Daphnia</i>	Photosynthèse Respiration Motilité Photosynthèse	Fertilité
G2-117 G2-129 (avril 1977- mai 1978)	MO labile (fraction fulvique)	0 x 1 x conc. nat. 3 x	Microflore naturelle: Organismes autotrophes Organismes hétérotrophes <i>Chlamydomonas</i>	Photosynthèse Respiration Motilité Photosynthèse	
G2-117 G2-129 (avril 1977- mai 1978)	MO réfractaire (matière humique)	0 x 1 x conc. nat. 3 x	<i>Chlamydomonas</i> <i>Daphnia</i>	Motilité Photosynthèse Motilité	
<u>La Chimie</u>					
Etude de l'effet de la matière organique sur la disponibilité du phosphore et de certains éléments traces.					

FIGURES

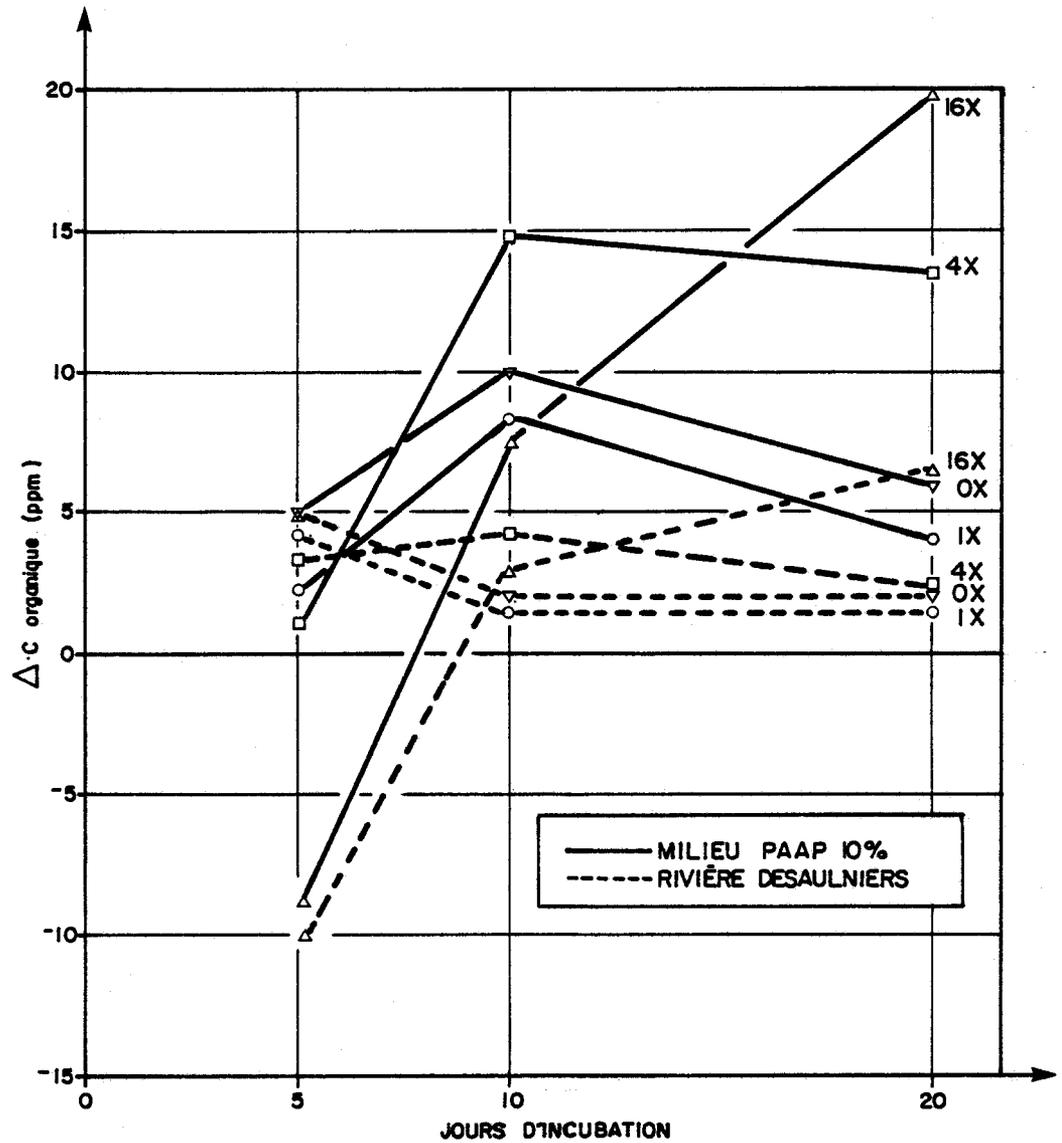


FIGURE 1 Evolution du carbone organique au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers.

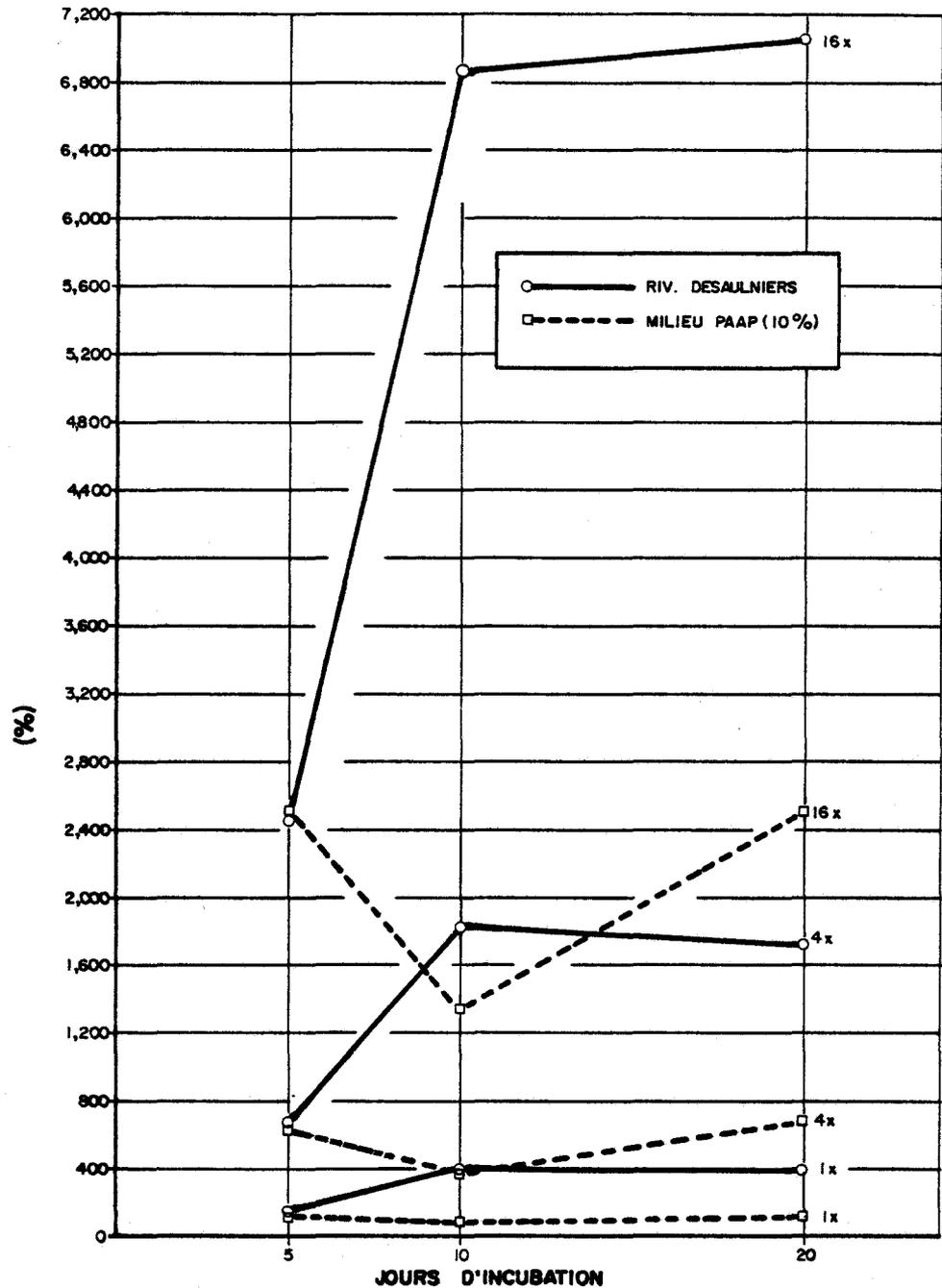


FIGURE 2 Evolution du pourcentage de changement dans la concentration du carbone organique relative à celle dans le milieu sans ajout de matière organique, au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers.

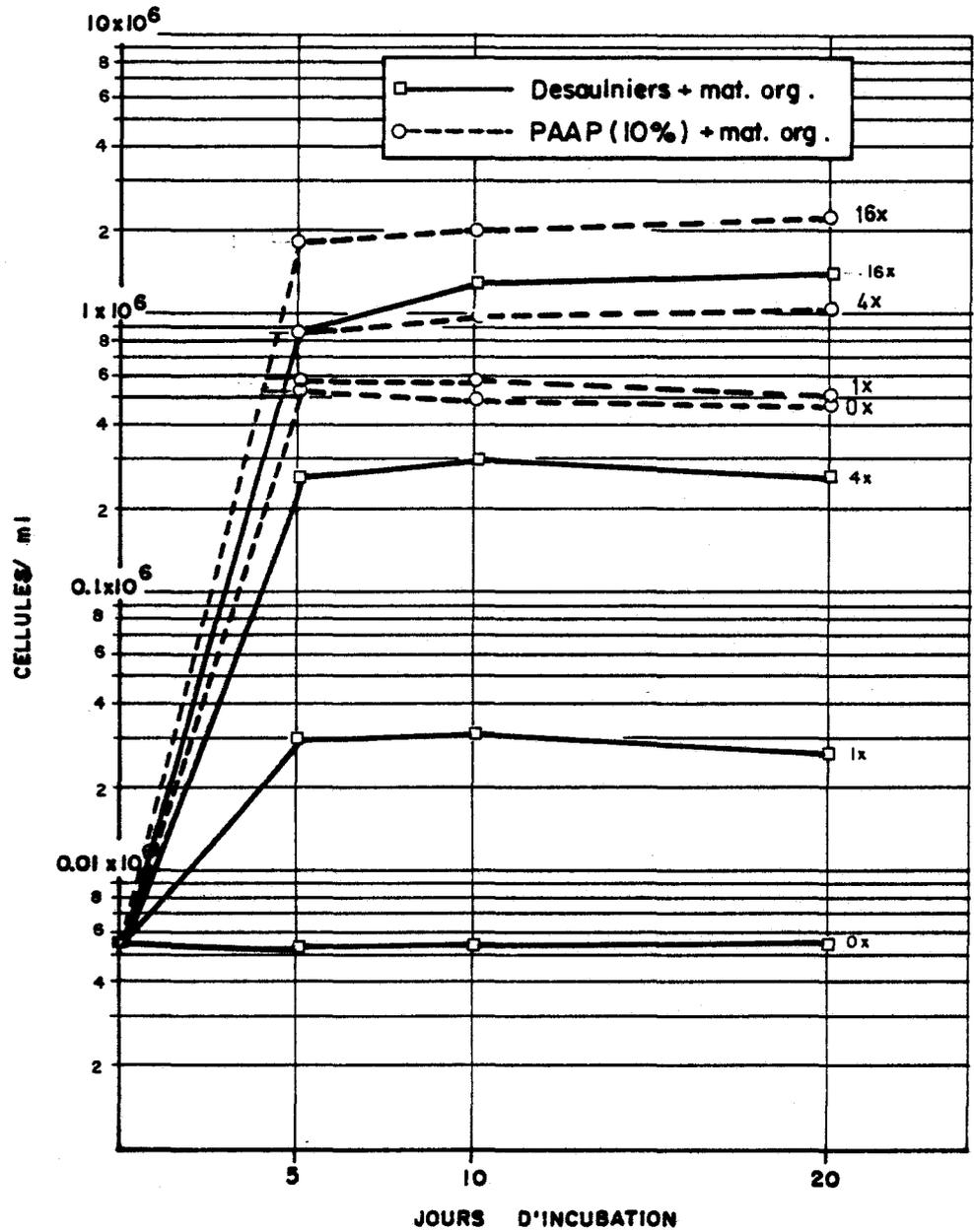


FIGURE 3 Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml) au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers.

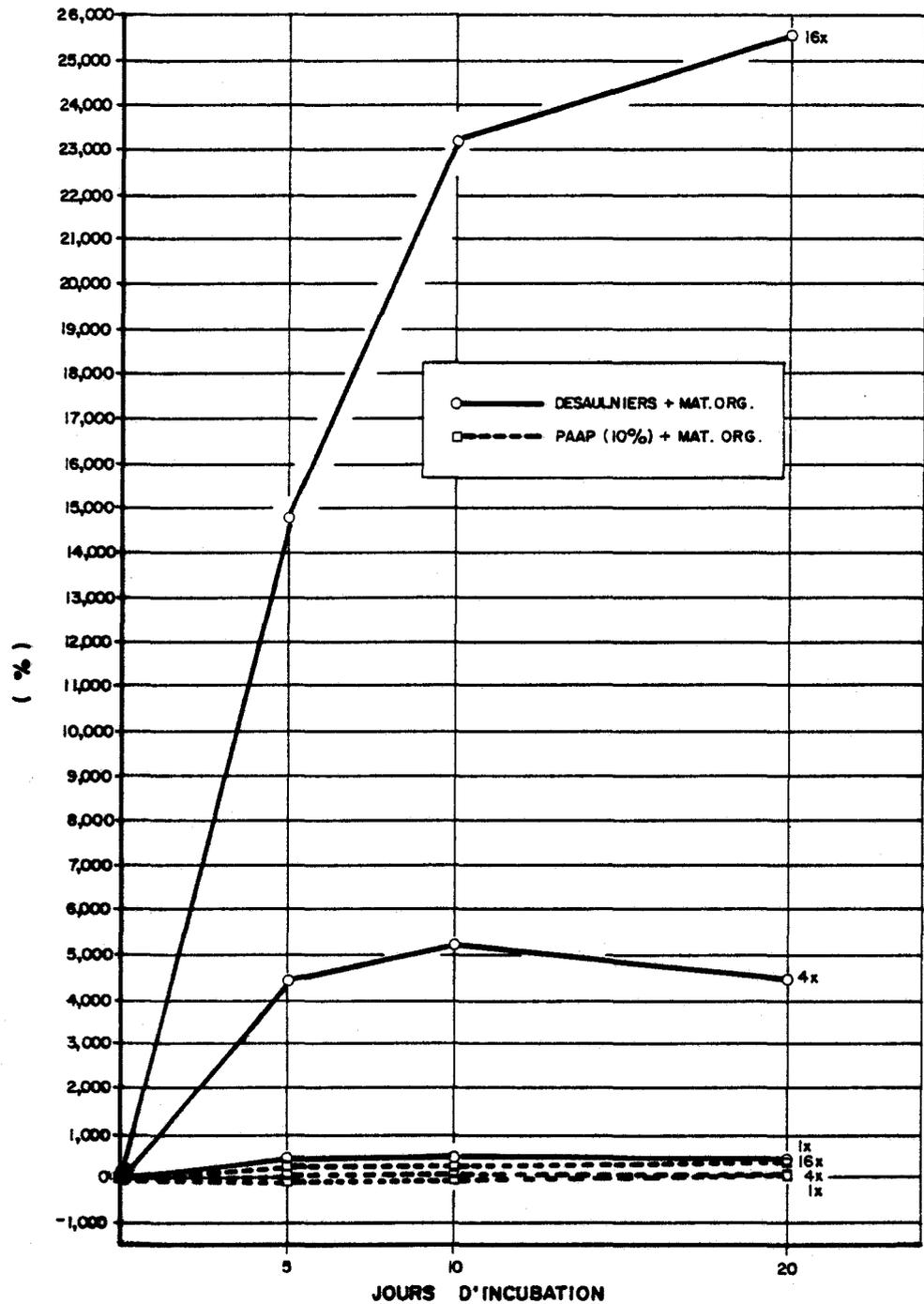


FIGURE 4 Evolution du pourcentage de changement dans la production de biomasse (nombre de cellules par ml) relative à celle dans le milieu sans ajout de matière organique, au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers.

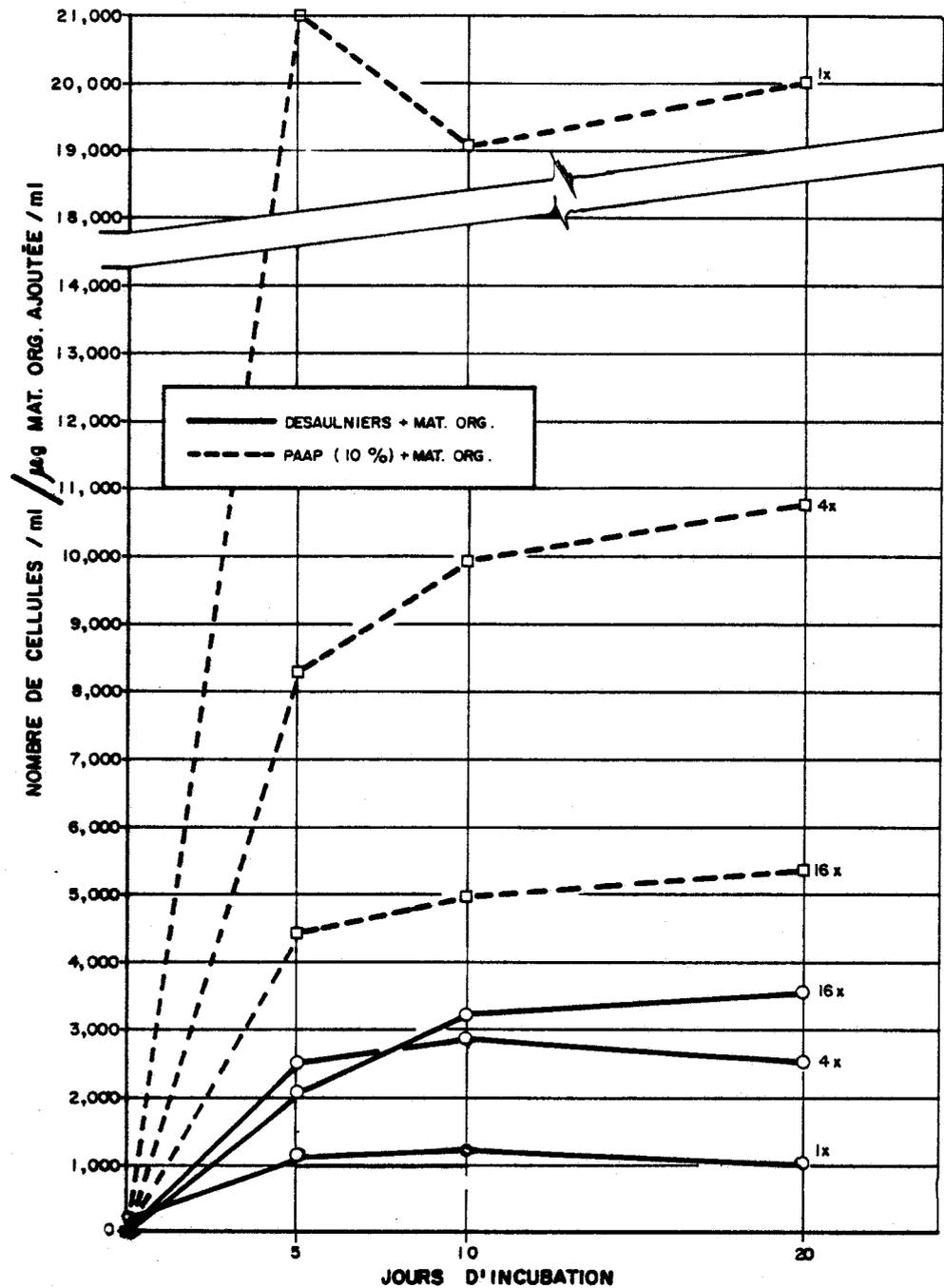


FIGURE 5 Evolution de l'efficacité de la production relative de biomasse (nombre de cellules par ml et par ppb de matière organique ajoutée) au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers.

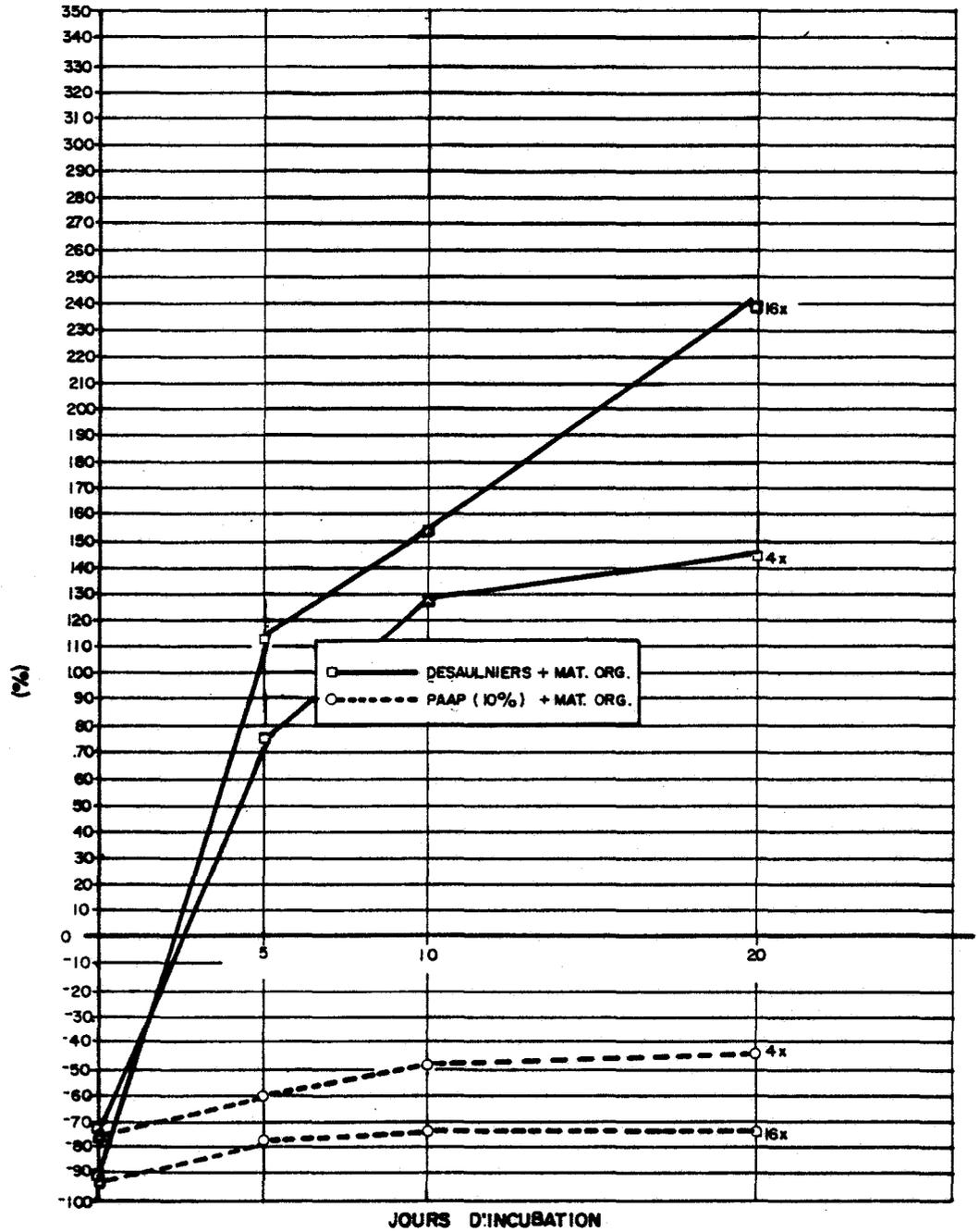


FIGURE 6 Evolution du pourcentage de changement dans l'efficacité de la production relative de biomasse (nombre de cellules par ml et par ppb de matière organique ajoutée) relative à celle dans le milieu avec la concentration naturelle de matière organique (1x) au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers.

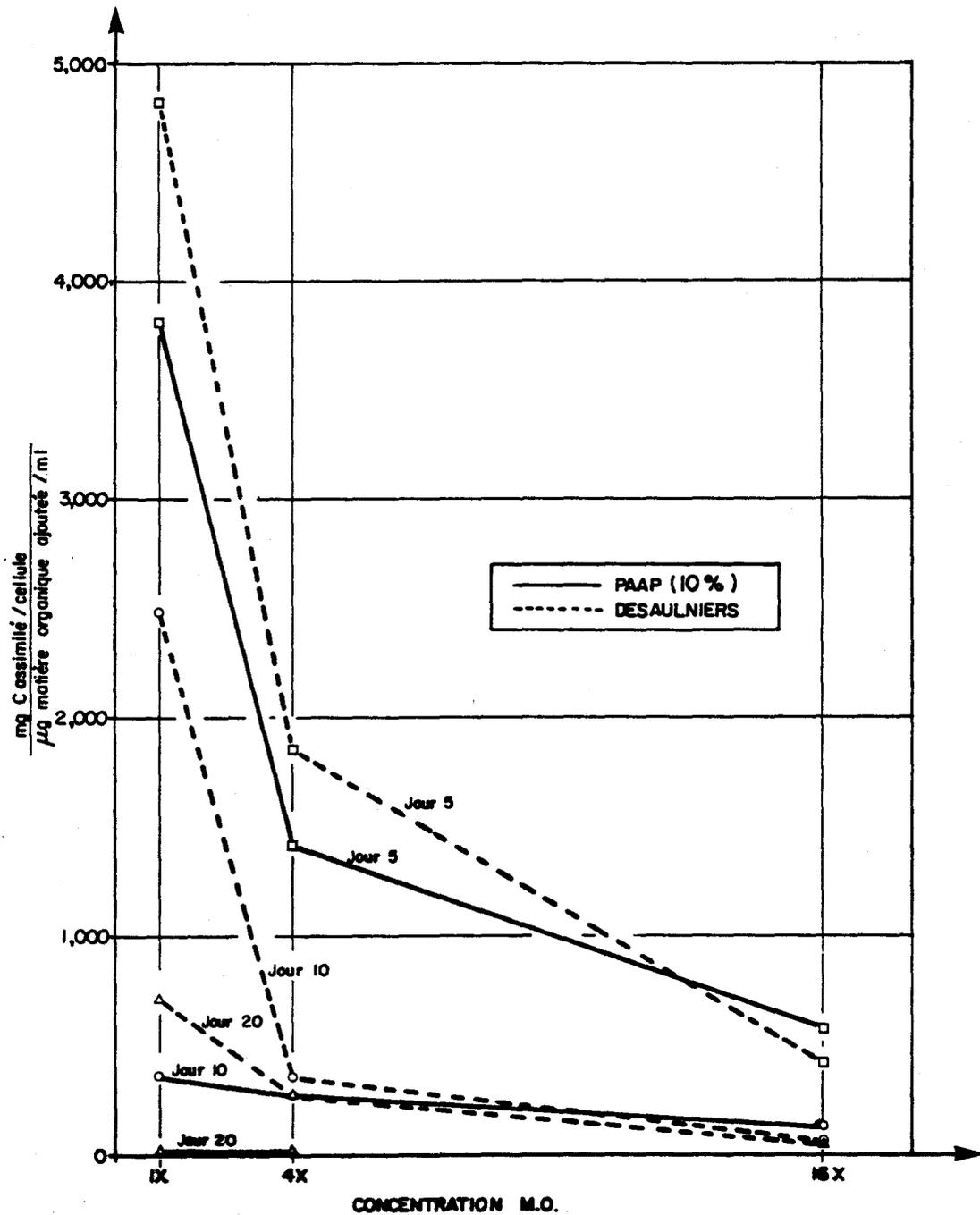


FIGURE 7 Evolution de l'efficacité de l'assimilation relative de C (mg C assimilé par ml et par ppb de matière organique ajoutée) au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans le milieu PAAP (10%) et dans l'eau de la rivière Desaulniers.

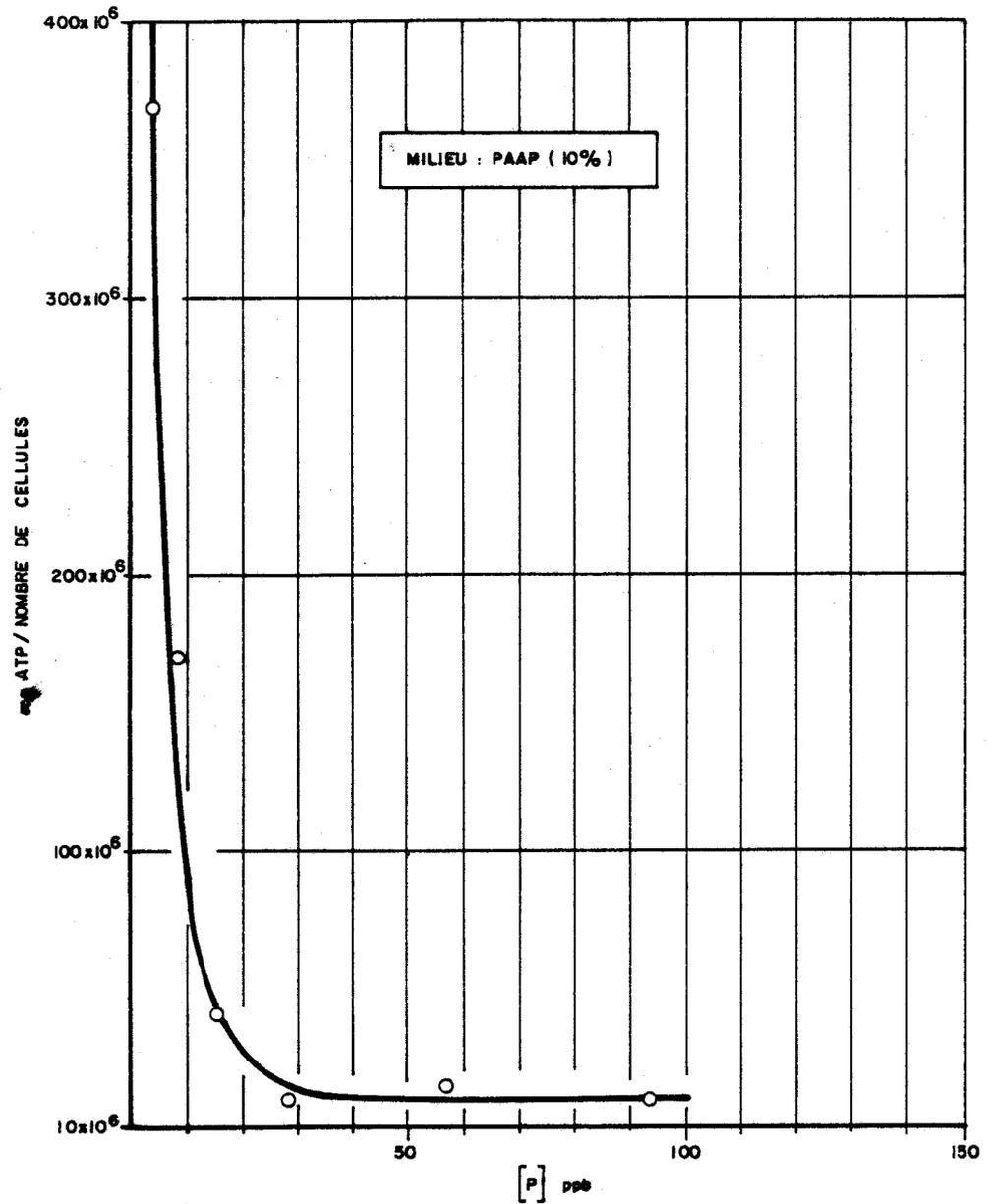


FIGURE 8 Evolution de l'efficacité de production d'ATP dans le milieu PAAP (10%) avec la concentration de phosphore sous forme de phosphate.

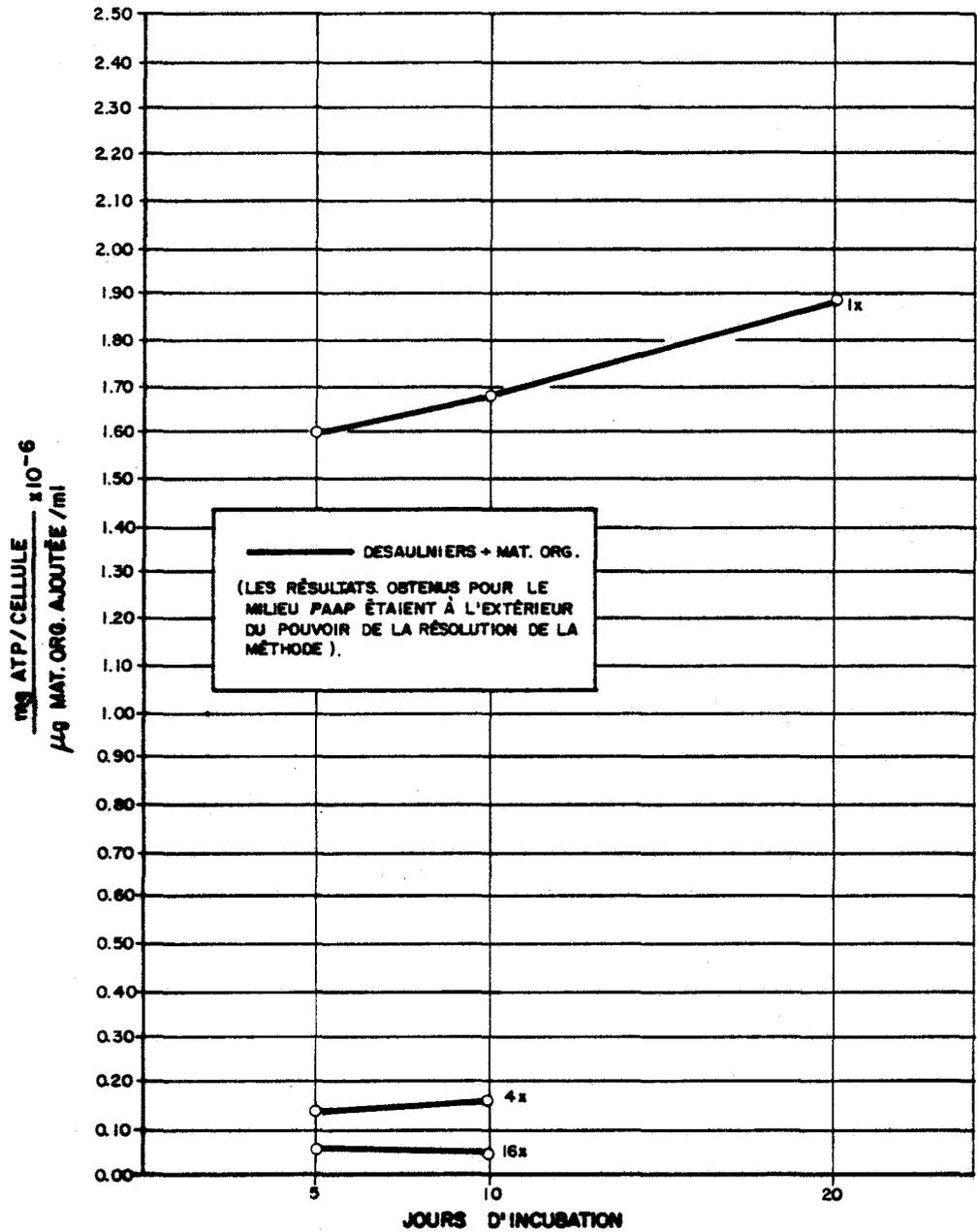


FIGURE 9 Evolution de l'efficacité de la production relative d'ATP (mg d'ATP produit par cellule et par ppb de matière organique ajoutée) au cours de la période d'incubation des cultures de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations de matière organique dans l'eau de la rivière Desaulniers.

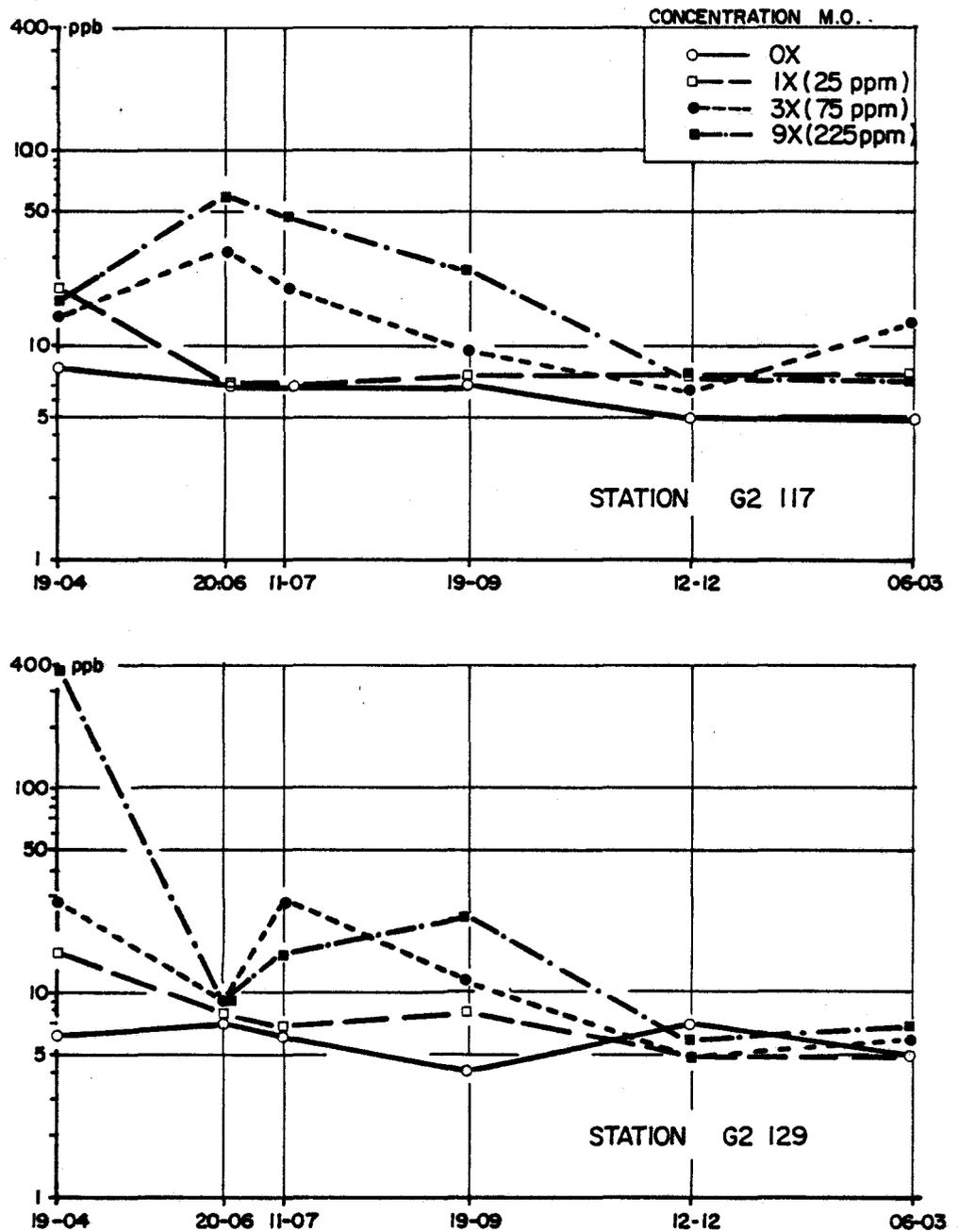


FIGURE 10 Evolution pendant une année des effets de la matière organique brute provenant du réservoir Desaulniers sur la production de chlorophylle par *Selenastrum* lors de son incubation pendant 9 jours dans l'eau du réservoir à laquelle était ajoutée de la Mo en différentes concentrations.

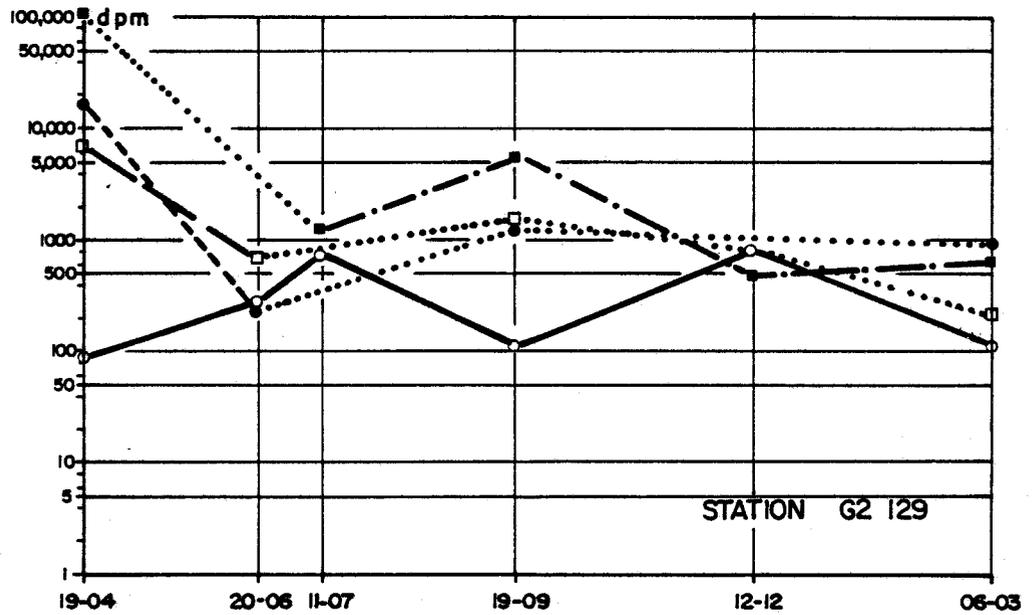
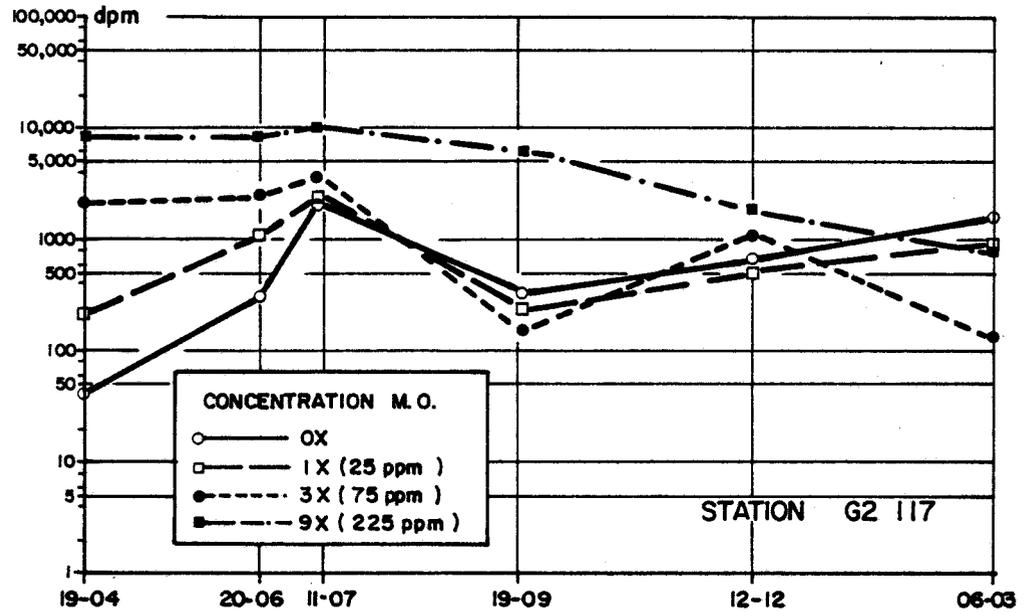


FIGURE 11 Evolution pendant une année des effets de la matière organique brute provenant du réservoir Desaulniers sur l'assimilation de carbone par *Selenastrum* lors de son incubation pendant 9 jours dans l'eau du réservoir à laquelle était ajoutée de la MO en différentes concentrations.

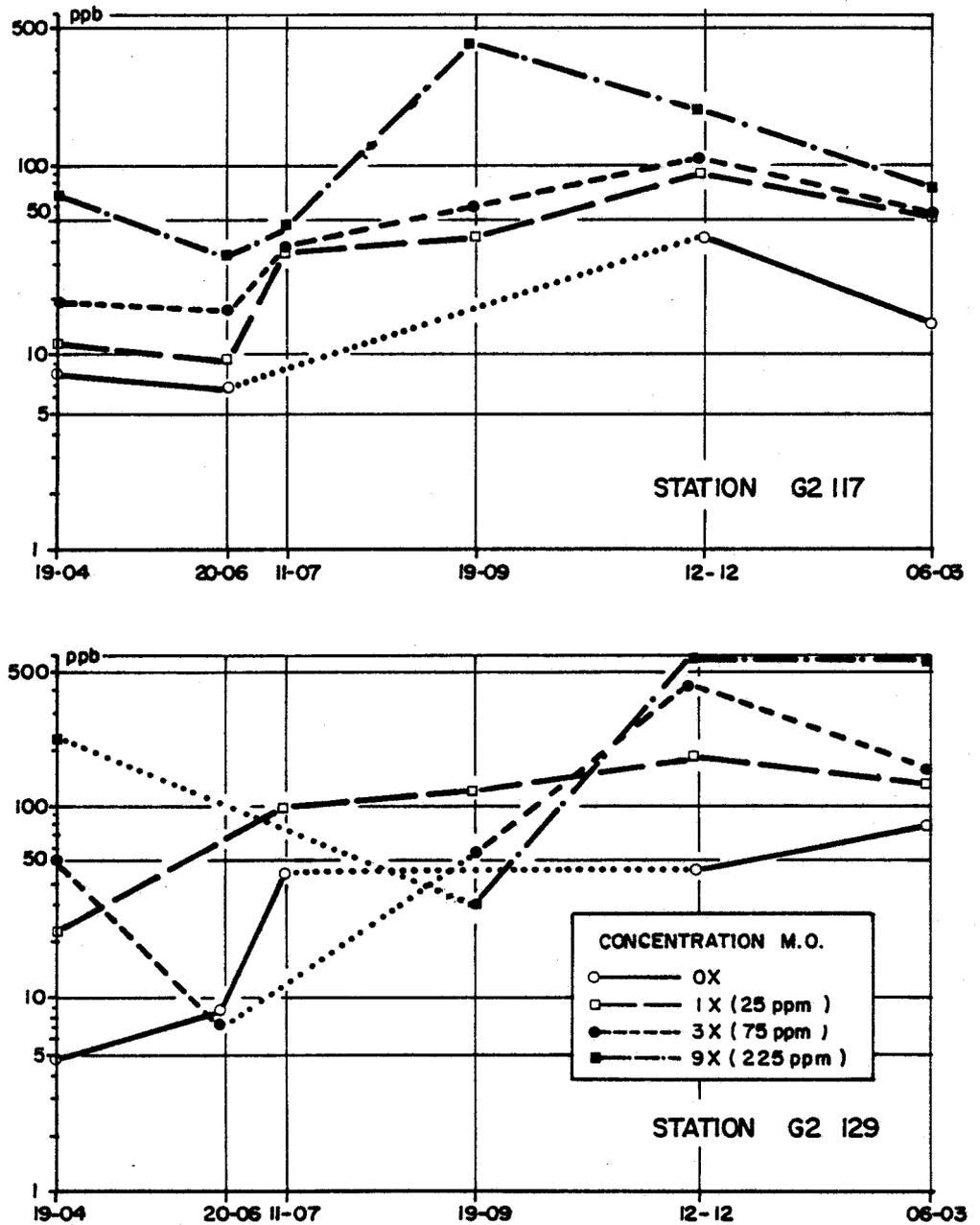


FIGURE 12 Evolution pendant une année des effets de la matière organique brute provenant du réservoir Desaulniers sur la production d'ATP par *Selenastrum* lors de son incubation pendant 9 jours dans l'eau du réservoir à laquelle était ajoutée de la MO en différentes concentrations.

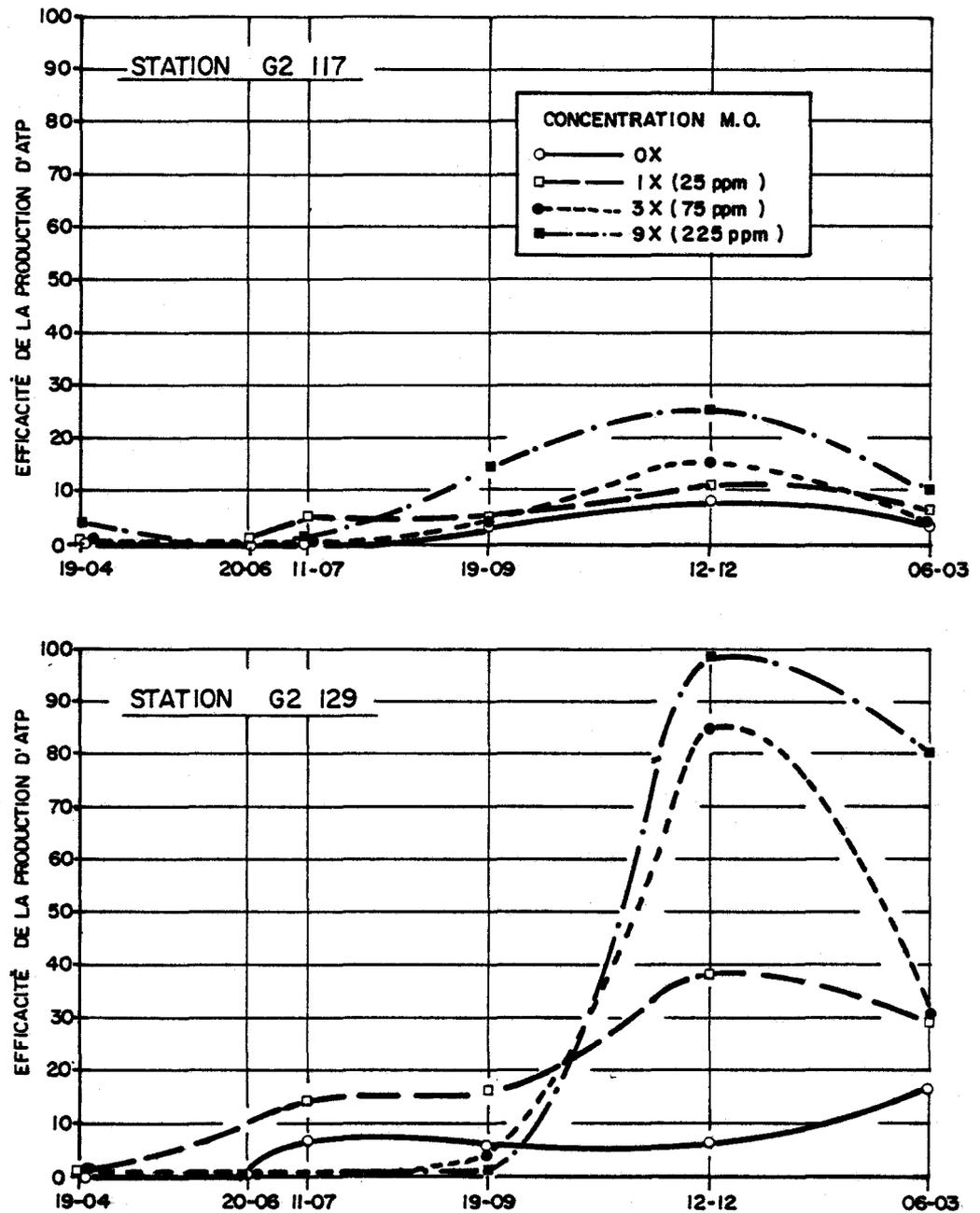


FIGURE 13 Evolution pendant une année des effets de la matière organique brute provenant du réservoir Desaulniers sur l'efficacité de la production relative d'ATP (production d'ATP/production de chlorophylle) par *Selenastrum* lors de son incubation pendant 9 jours dans l'eau du réservoir à laquelle était ajoutée de la MO en différentes concentrations.

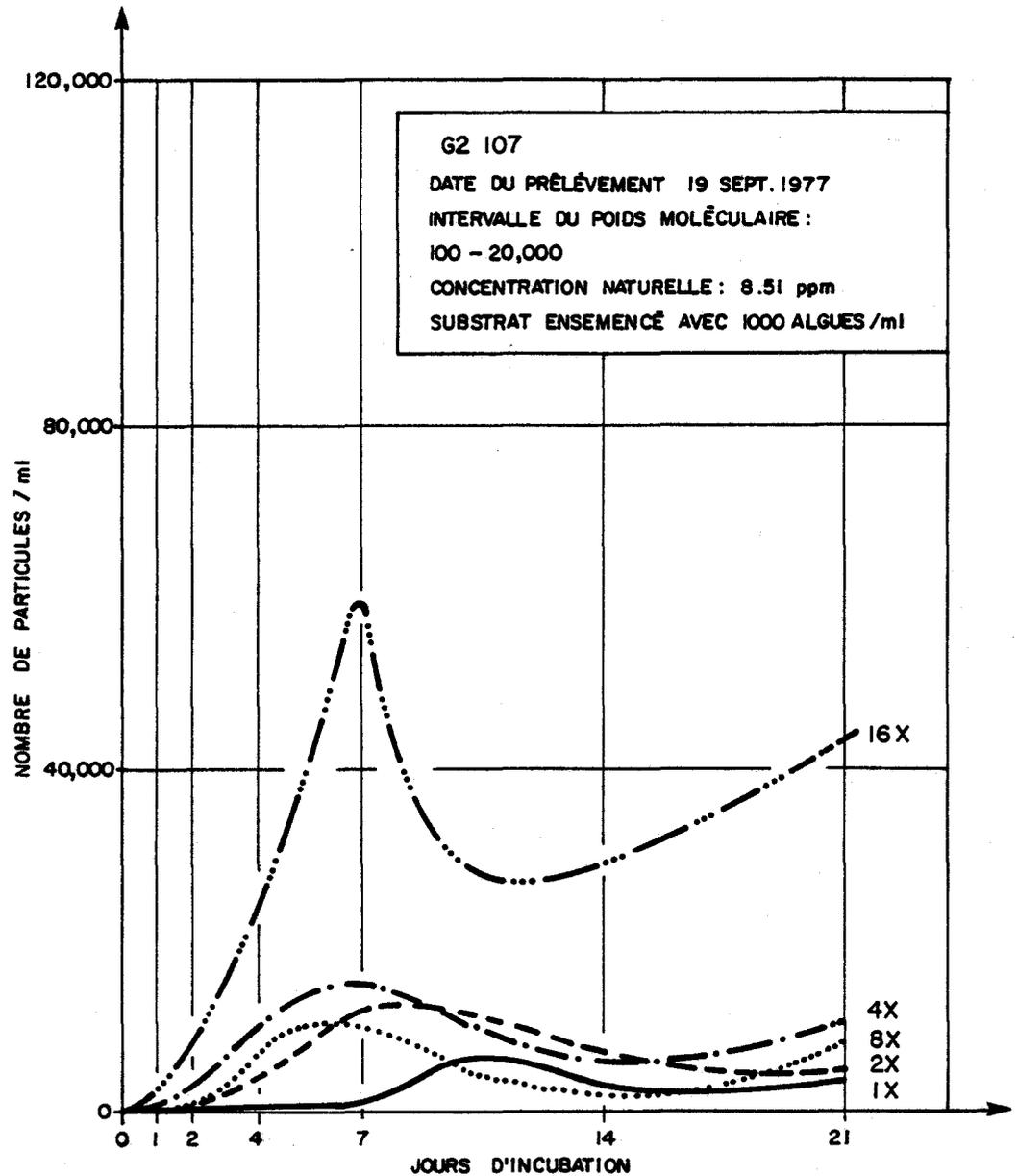


FIGURE 14 Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire 100 - 20,000) provenant de la station G2-107.

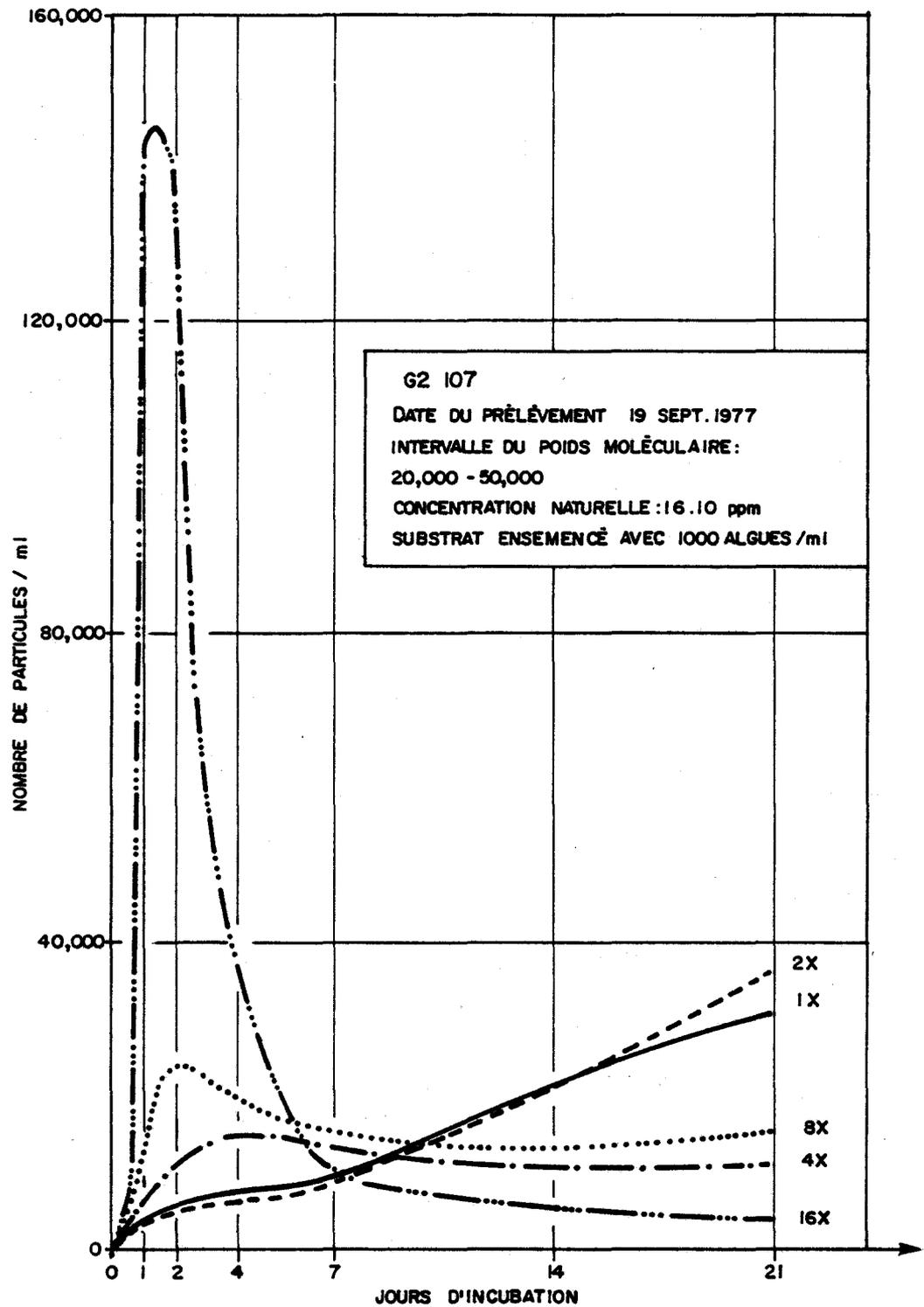


FIGURE 15 Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire entre 20,000 et 50,000) provenant de la station G2-107.

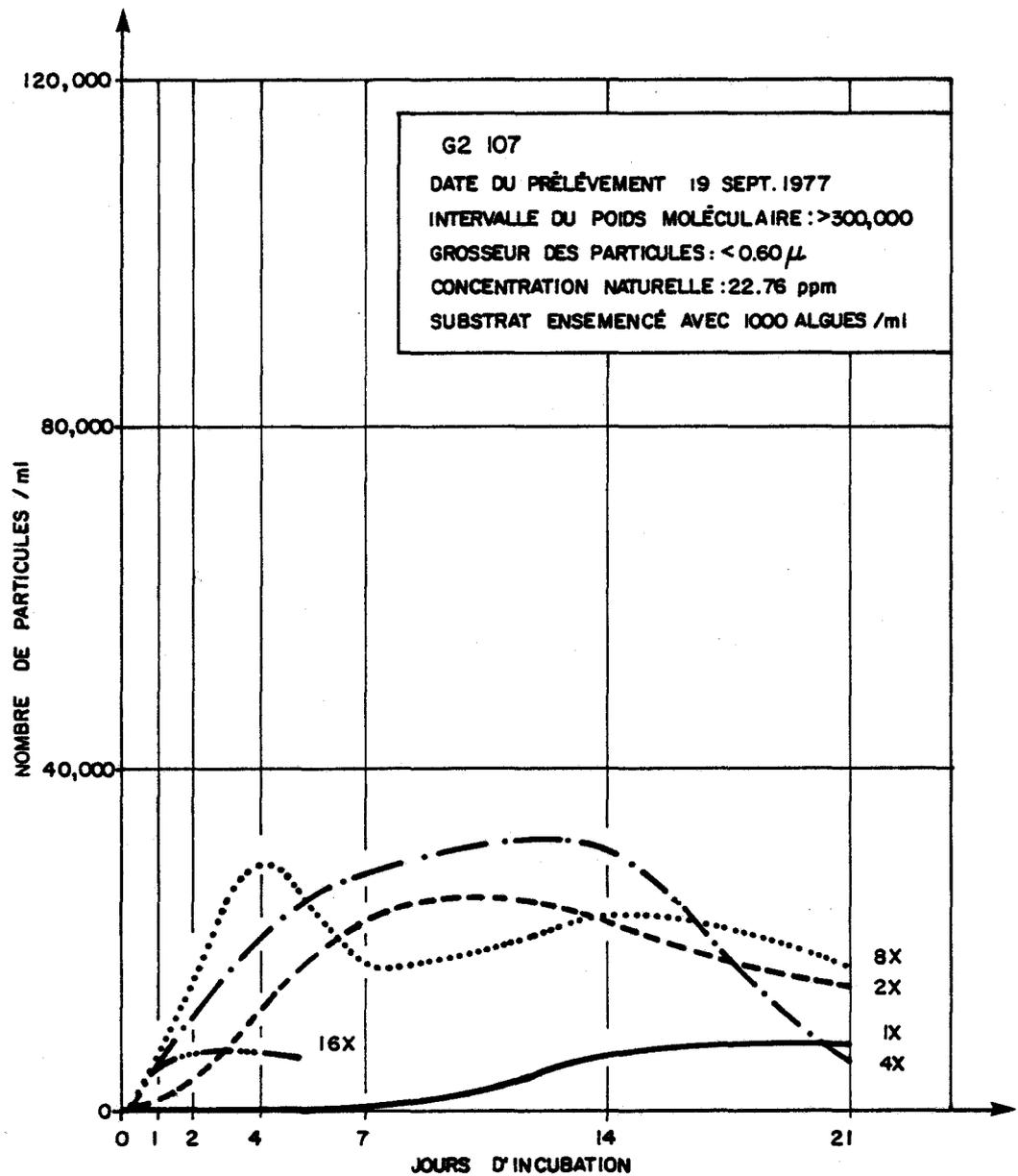


FIGURE 16 Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire > 300,000) provenant de la station G2-107.

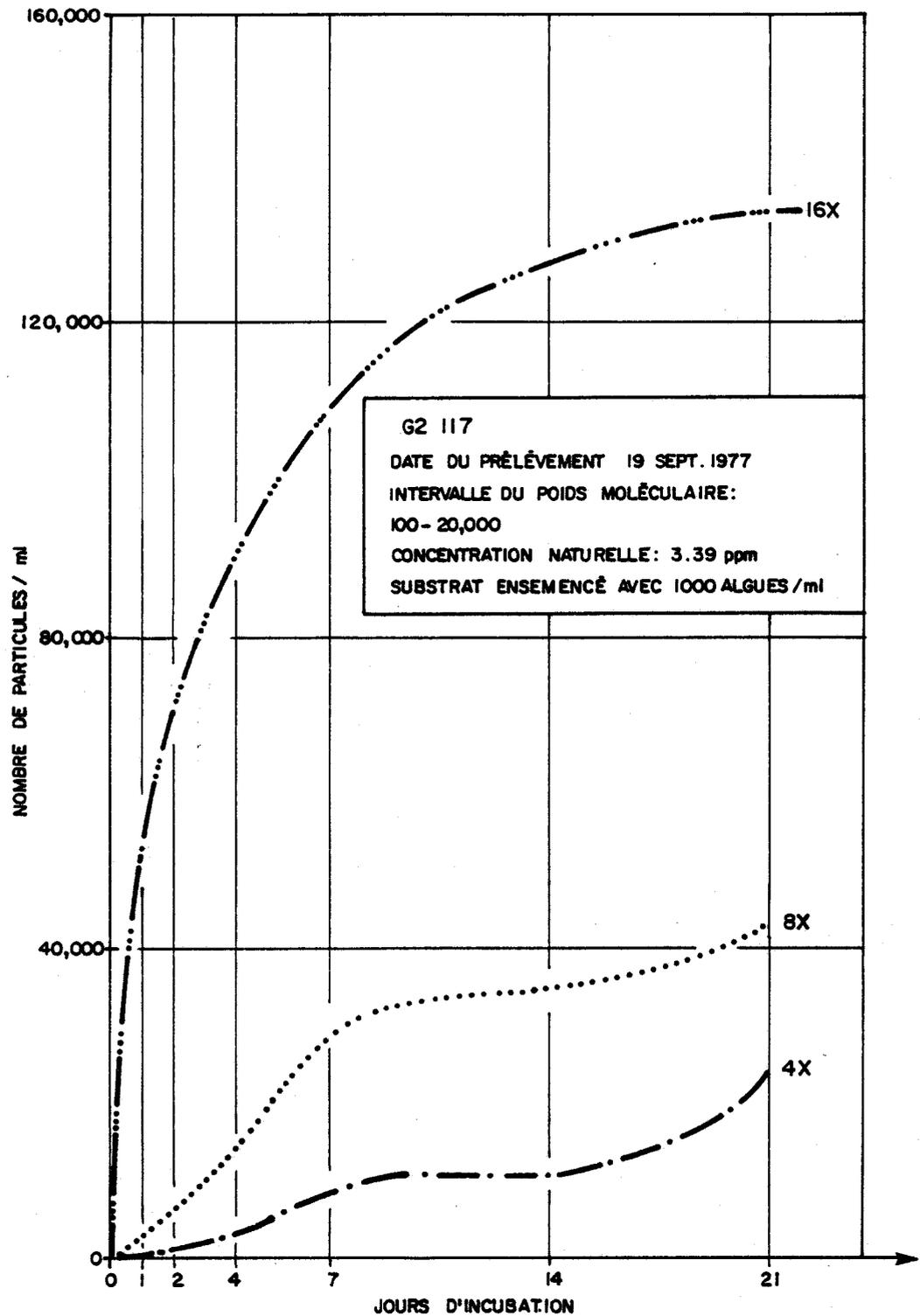


FIGURE 17 Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire entre 100 et 20,000) provenant de la station G2-117.

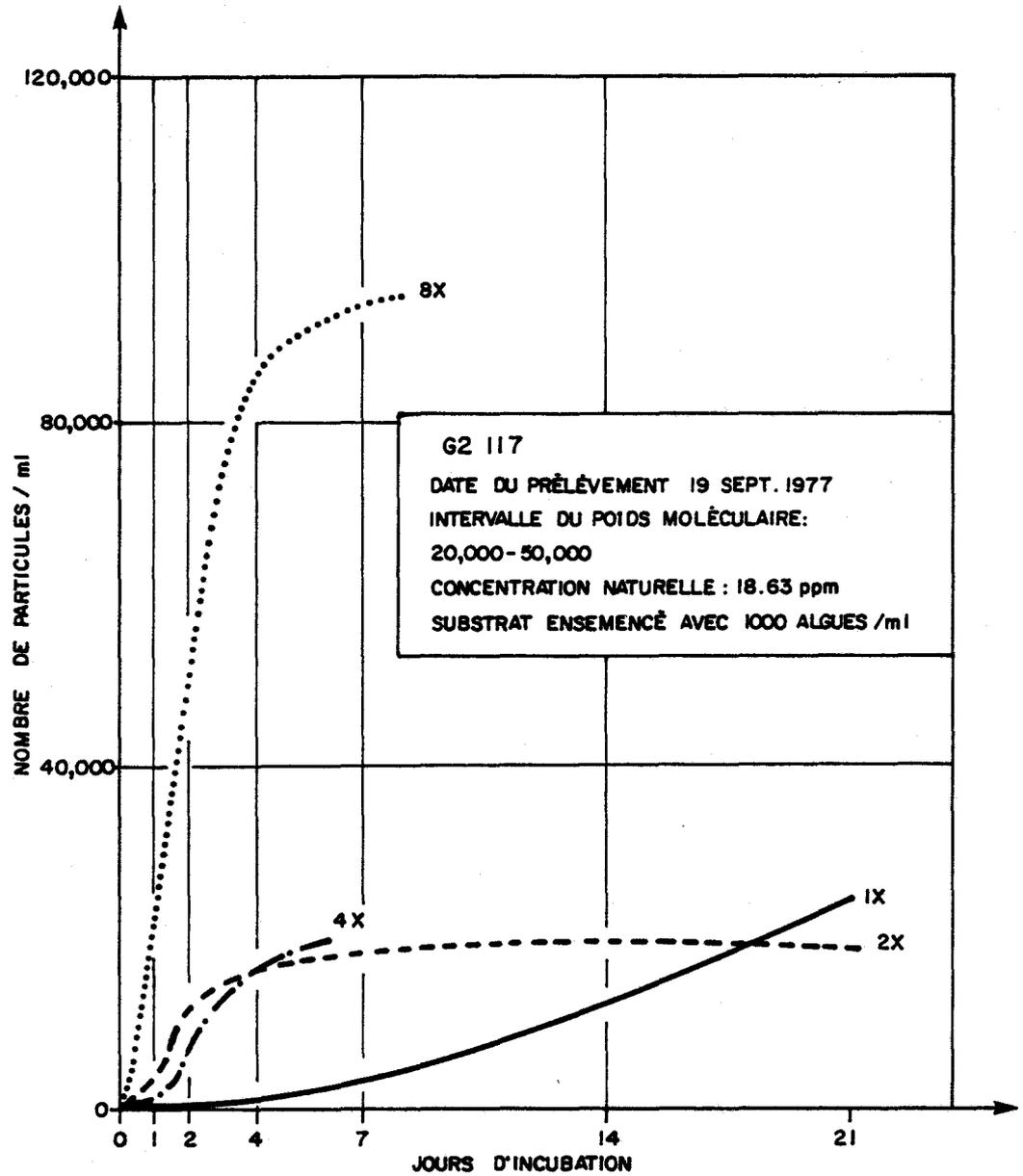


FIGURE 18 Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire entre 20,000 et 50,000) provenant de la station G2-117.

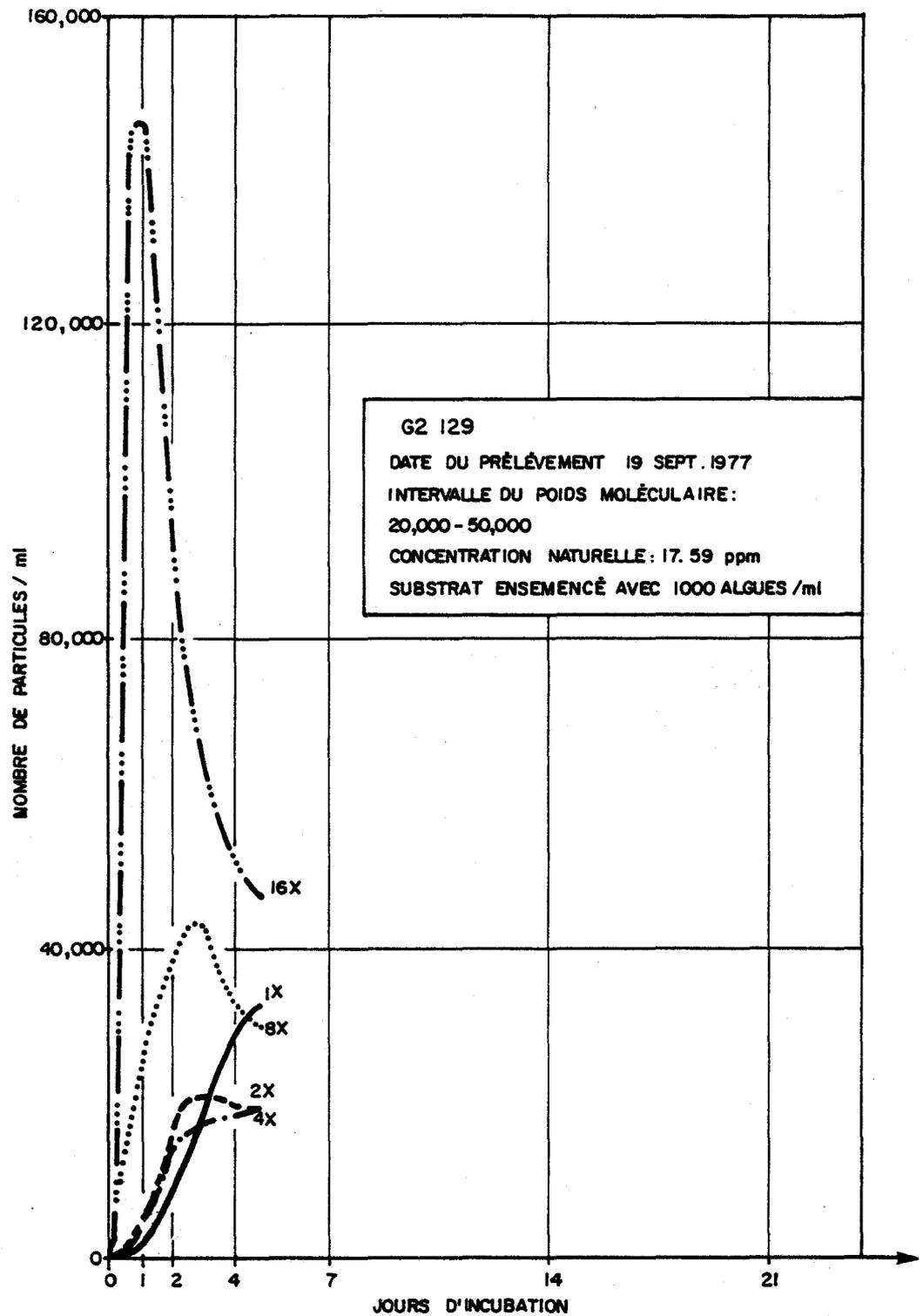


FIGURE 19 Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire entre 20,000 et 50,000) provenant de la station G2-129.

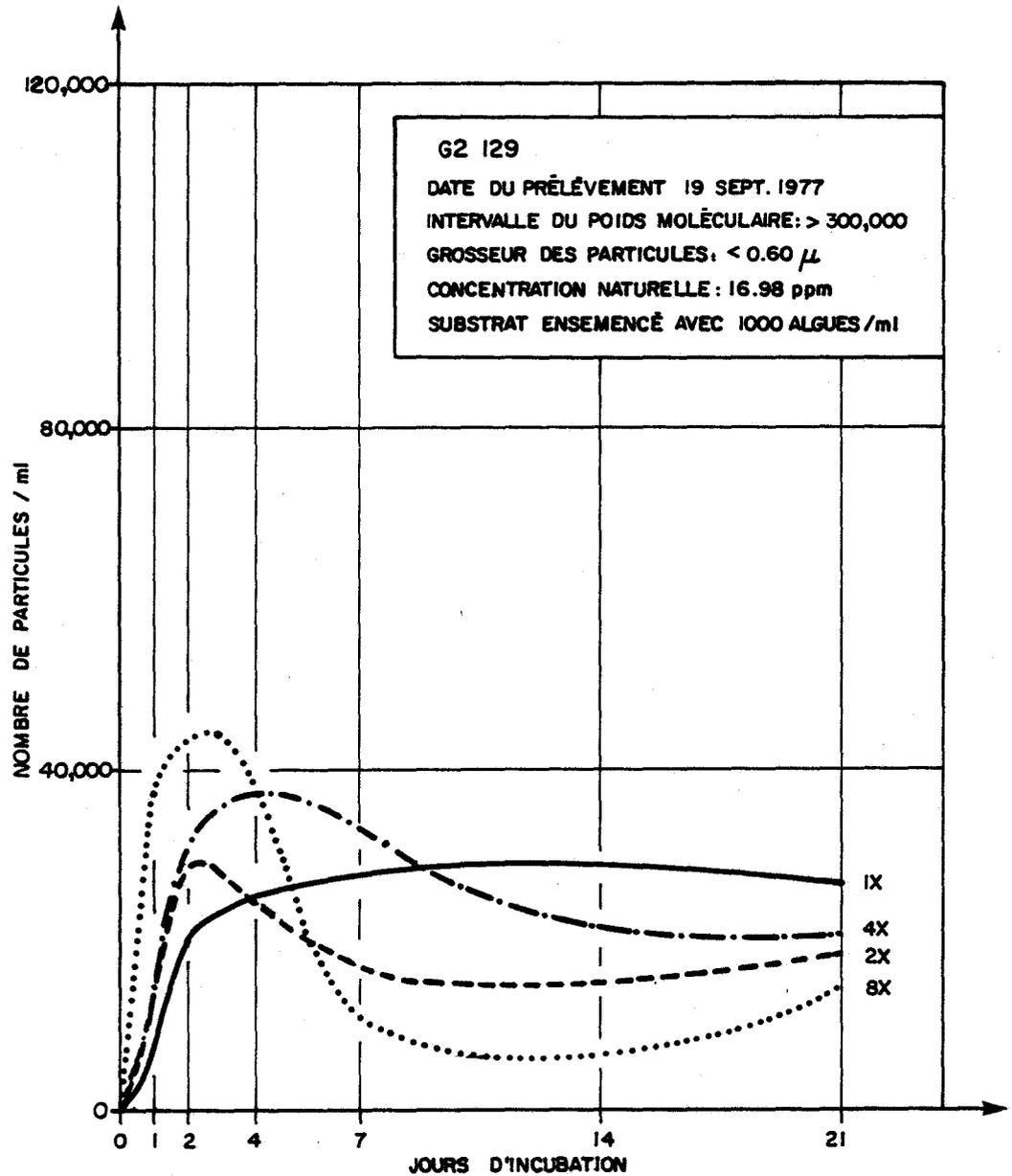


FIGURE 20 Evolution de la biomasse (nombre de cellules par ml), au cours de la période d'incubation dans l'eau du réservoir Desaulniers, de *Selenastrum* en présence de différentes concentrations initiales de matière organique (poids moléculaire > 300,000) provenant de la station G2-129.

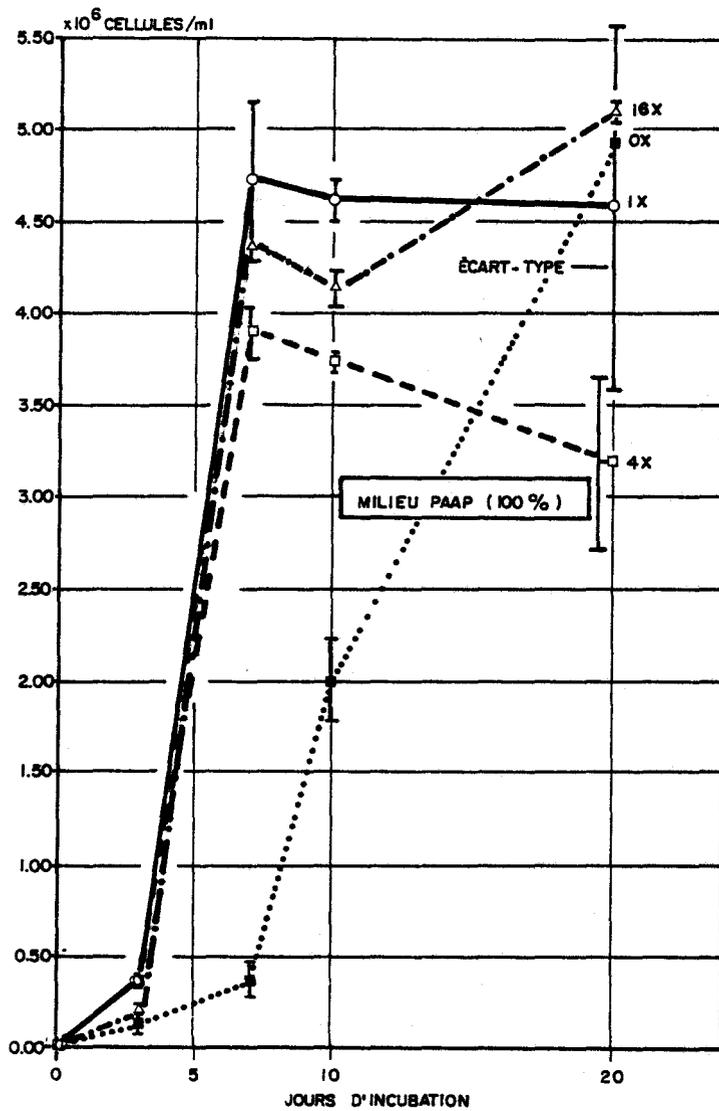


FIGURE 21 Evolution de la production de biomasse (nombre de cellules par ml) au cours de la période d'incubation d'une culture de *Selenastrum* dans le milieu PAAP (100%) auquel a été ajoutée de la matière organique oxydée à des concentrations équivalentes à 0x, 1x, 4x et 16x la concentration naturelle.

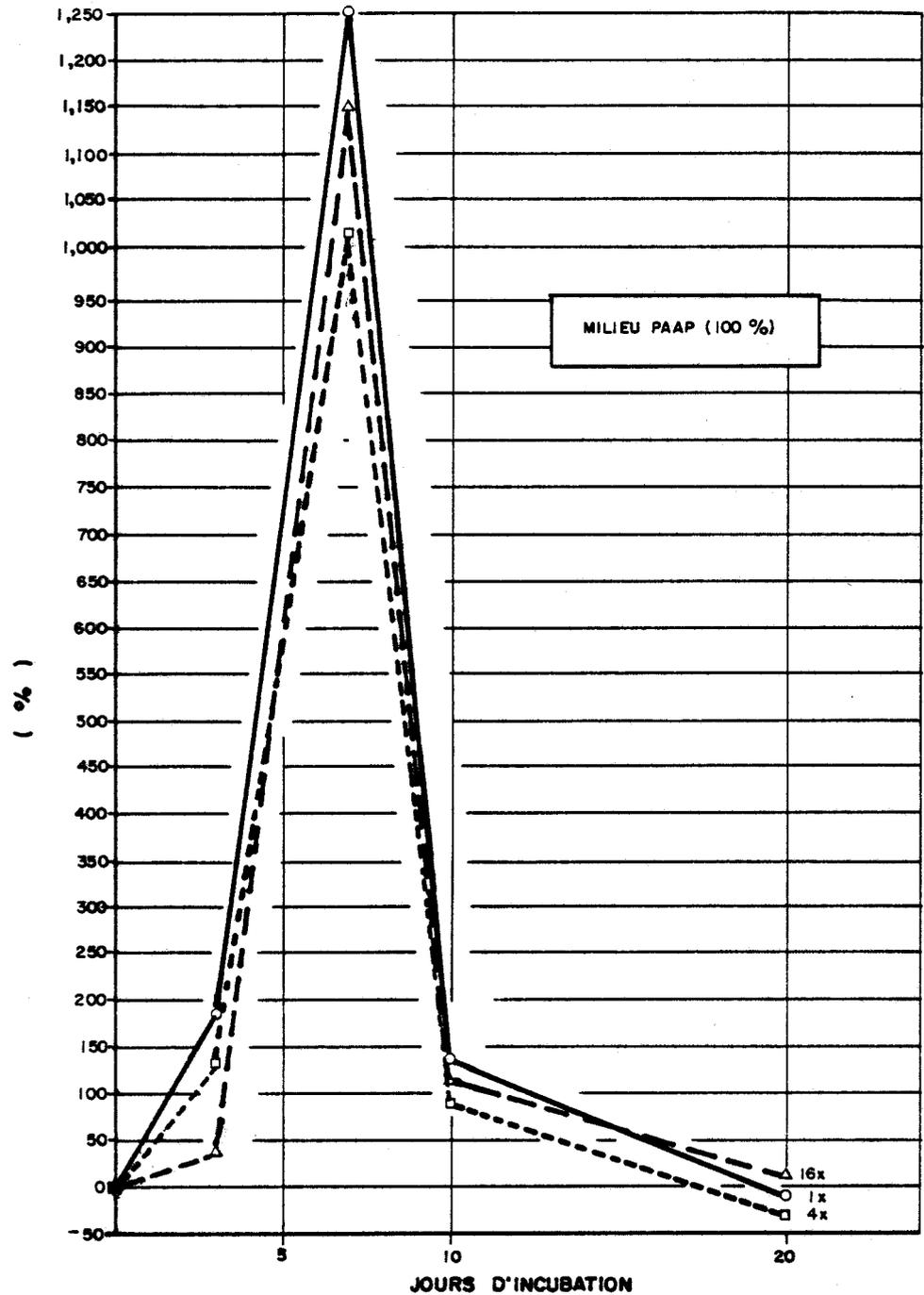


FIGURE 22 Evolution du pourcentage de changement dans la production de biomasse (nombre de cellules par ml) relative à celle dans le milieu sans ajout de matière organique oxydée, au cours de la période d'incubation d'une culture de *Selenastrum* dans le milieu PAAP (100%) en présence de différentes concentrations de matière organique oxydée.

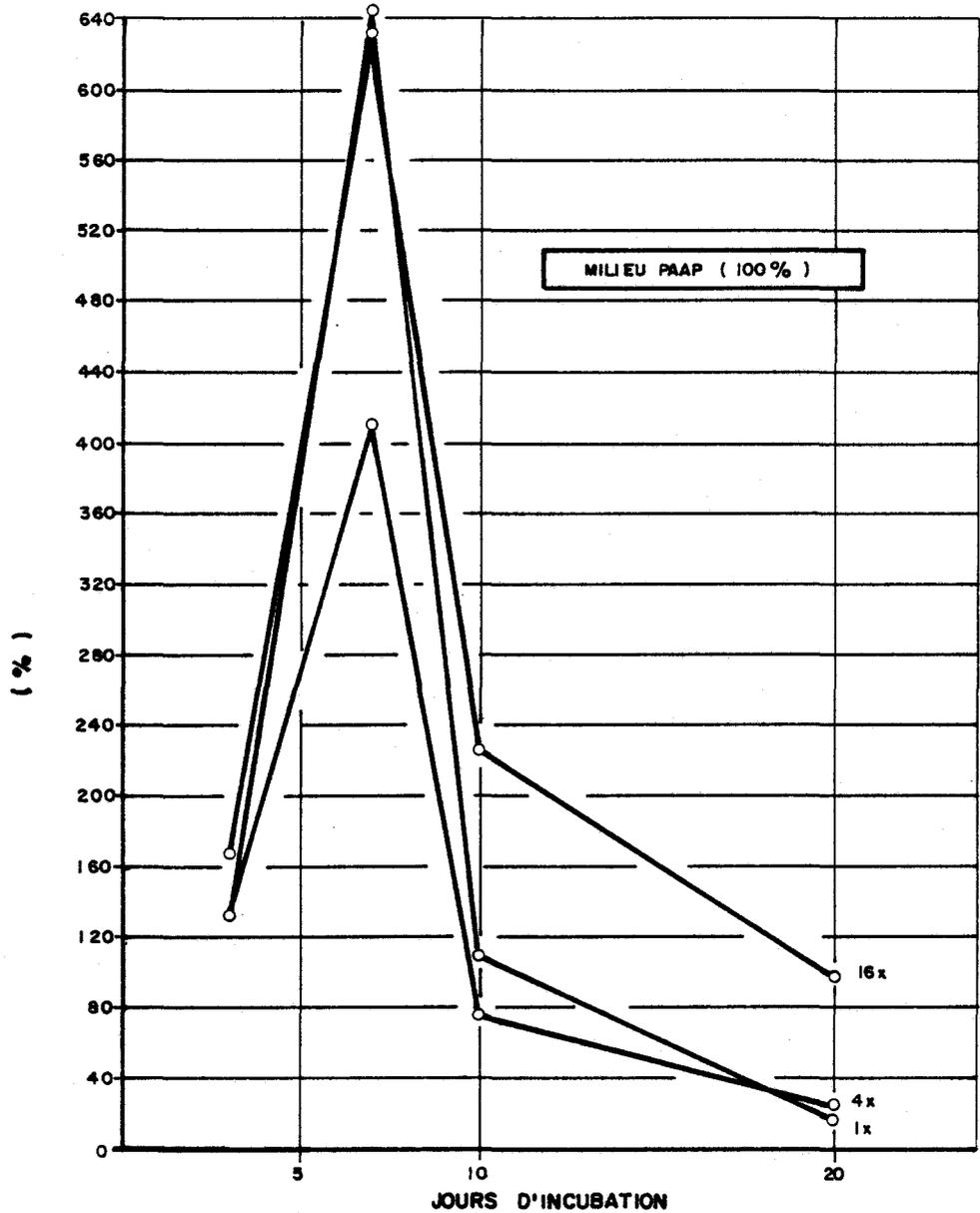


FIGURE 23 Evolution du pourcentage de changement dans l'efficacité de la production d'ATP relative à celle dans le milieu sans ajout de matière organique oxydée, au cours de la période d'incubation d'une culture de *Selenastrum* dans le milieu PAAP (100%) en présence de différentes concentrations de matière organique oxydée.