

Fédération du Puy-de-Dôme pour la Pêche  
et la Protection du Milieu Aquatique  
François DESMOLLES  
Chargé de mission  
Site de Marmilhat Sud  
14, Allée des Eaux et Forêts - 63370 LEMPDES  
Tél. 04 73 82 56 29 - Fax 04 73 30 47 08  
E.mail : f.desmolles@peche63.com

## THÈSE

PRÉSENTÉE

A L'UNIVERSITÉ DE CLERMONT II

U.E.R. de Recherche Scientifique et Technique

POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

PAR

**Christian AMBLARD**

LES NUCLEOTIDES ADENYLIQUES: INTERETS POUR  
L'ETUDE DE LA BIOMASSE, DE L'ACTIVITE METABOLIQUE  
ET DE LA STRUCTURE DES PEUPLEMENTS  
PHYTOPLANCTONIQUES LACUSTRES

Soutenue publiquement le 20 Décembre 1986 devant la Commission d'Examen:

MM. P. De PUYTORAC  
J. DEVAUX  
D. BONIN

Président

> rapporteurs

J. GRAIN  
C. LEVEQUE  
Mme M.M. COUTEAUX

**MOTS CLES :** Successions écologiques, lacs, phytoplancton, biomasse, activité métabolique, structure, nucléotides adényliques, (charge énergétique).

**RESUME :** Le présent mémoire a pour but de préciser l'intérêt que présentent les nucléotides adényliques (ATP, ADP, AMP, charge énergétique) pour l'étude de la biomasse, de l'activité métabolique et de la structure des peuplements phytoplanctoniques lacustres, et, plus généralement, l'intérêt de ces descripteurs pour l'étude des successions écologiques. A cet égard, le phytoplancton lacustre semble représenter, en effet, un modèle biologique particulièrement favorable pour définir les caractéristiques des peuplements des différents stades d'une succession écologique et leur stratégie adaptative respective, dans la mesure où les successions phytoplanctoniques se déroulent à une échelle annuelle, compatible avec une étude diachronique.

Au terme de ces études, menées dans deux lacs de niveaux trophiques différents (lac Pavin et lac d'Aydat), il apparaît que, par une approche originale des notions de biomasse et d'activité métabolique, les nucléotides adényliques, en relation avec les descripteurs classiques, permettent de dresser, ou du moins d'étayer un schéma cohérent de développement du phytoplancton.

En effet, les peuplements pionniers à tendance monospécifique, sont caractérisés par de fortes valeurs d'assimilation photosynthétique et de forts taux de renouvellement. Pour ces peuplements à densité cellulaire élevée mais présentant un fort pourcentage d'organismes morts (faibles rapports ATP par unité de biomasse dénombrée et ATP/chlorophylle a), l'essentiel des dépenses énergétiques, est alors représenté par des phénomènes de croissance.

A l'inverse, les peuplements très diversifiés présentent de faibles valeurs de production primaire et de faibles taux de renouvellement. Peu d'énergie est alors réservée aux phénomènes de croissance. L'essentiel des dépenses énergétiques est alors réinvesti dans le maintien de la structure complexe du système, dans l'effort de compétition et dans la maintenance des individus (forts rapports ATP par unité de biomasse dénombrée et ATP/chlorophylle a).

Sur un plan plus général, la périodicité saisonnière du phytoplancton peut être considérée comme une succession autogénique, pouvant être coupée par des perturbations allogéniques de l'environnement, susceptibles de changer la direction de la succession.

La succession phytoplanctonique autogénique, qui s'identifie à un phénomène directionnel et prévisible, se présente alors comme le passage progressif d'une stratégie de croissance à une stratégie d'équilibre qui correspond, comme le signale BLONDEL (1979) à une stratégie de survie en milieu saturé, où une productivité supplémentaire ne présente plus d'intérêt adaptatif. Dans ce cadre, il est alors possible d'opposer, schématiquement, selon le gradient classique des stratégies démographiques r-K, les peuplements pionniers à tendance monospécifique et les peuplements diversifiés de fin de succession.

Enfin, la durée et l'importance des successions autogéniques varient selon la nature des lacs considérés.

## SOMMAIRE

- INTRODUCTION GENERALE .....	1
- PRESENTATION DES LACS .....	5
- PRESENTATION DES ETUDES. ....	8
<u>CHAPITRE 1 - METHODOLOGIE.</u> .....	10
- Paramètres abiotiques .....	11
- Paramètres biotiques .....	11
- <u>Les nucléotides adényliques.</u> .....	11
I Historique .....	11
II Rappel biochimique .....	11
III Prélèvements .....	17
IV Extraction.....	18
1) Extraction au tris bouillant.....	20
2) Extraction au DMSO.....	21
3) Extraction des "nucléotides adényliques dissous".....	21
4) Choix du volume de filtration.....	21
V Conservation des extraits.....	24
VI Dosage enzymatique .....	24
1) Principe .....	25
2) Transformations enzymatiques de l'AMP et de l'ADP en ATP.....	26
3) Réactifs nécessaires .....	26
4) Evaluation quantitative de l'émission lumineuse .....	27
5) Reproductibilité du dosage de l'ATP .....	28
6) Spécificité de la réaction de bioluminescence .....	28
7) Sources d'erreurs et technique du témoin interne.....	28
8) Protocole expérimental .....	29
VII Précision des mesures.....	30
VIII Problèmes méthodologiques particuliers .....	32
A) Interférences zooplanctoniques et bactériennes.....	32
B) Incidence de la méthode d'extraction sur les valeurs de la charge énergétique.....	34
1) Présentation de l'étude.....	34
2) Résultats .....	38
3) Discussion .....	41
<u>CHAPITRE 2 - RESULTATS - ETUDES ANNUELLES.</u> .....	47
<u>1ère partie : Caractéristiques physico-chimiques des             milieux étudiés.</u> .....	49

1) Le lac Pavin .....	49
a) Energie lumineuse.....	49
b) Température .....	52
c) Conductivité .....	52
d) Oxygène dissous .....	52
e) Carbone minéral .....	52
f) Acidité ionique .....	57
g) Silice .....	57
h) Phosphore .....	57
i) Azote .....	59
2) Le lac d'Aydat .....	59
a) Energie lumineuse.....	59
b) Température .....	61
c) Conductivité .....	61
d) Oxygène dissous .....	61
e) Carbone minéral .....	61
f) Acidité ionique .....	64
g) Silice.....	64
h) Phosphore .....	64
i) Azote .....	67

## 2ème partie : Le phytoplancton. .....

1) Le lac Pavin .....	69
a) Analyse qualitative .....	69
b) Répartition spatio-temporelle de la densité des populations phytoplanctoniques .....	69
2) Le lac d'Aydat .....	71
a) Analyse qualitative .....	71
b) Répartition spatio-temporelle de la densité des populations phytoplanctoniques .....	71
3) Discussion .....	72

## 3ème partie : Distribution spatio-temporelle des nucléotides adényliques. .....

1) Le lac Pavin .....	75
a) Distribution spatio-temporelle de l'ATP .....	75
b) Distribution spatio-temporelle de l'ADP .....	77
c) Distribution spatio-temporelle de l'AMP .....	77
d) Distribution spatio-temporelle de la somme des nucléotides adényliques .....	79
2) Le lac d'Aydat .....	79
a) Distribution spatio-temporelle de l'ATP .....	79
b) Distribution spatio-temporelle de l'ADP .....	81
c) Distribution spatio-temporelle de l'AMP .....	83
d) Distribution spatio-temporelle de la somme des nucléotides adényliques .....	86
3) Discussion.....	86

<u>4ème partie : Nucléotides adényliques et biomasse phytoplanctonique.</u>	90
1)- Introduction	91
2) Relations nucléotides adényliques - dénombrements cellulaires	97
a) Le lac Pavin	97
b) Le lac d'Aydat	100
c) Discussion	105
3) Relations nucléotides adényliques - chlorophylle a	114
a) Le lac Pavin	114
b) Le lac d'Aydat	117
c) Discussion	119
4) Relations nucléotides adényliques - protéines et nucléotides adényliques-glucides	126
5) Conclusions	131
<u>5ème partie : Nucléotides adényliques et activité métabolique du phytoplancton.</u>	135
1) Introduction	136
2) Distribution spatio-temporelle de la charge énergétique	138
a) Le lac Pavin	138
b) Le lac d'Aydat	140
c) Discussion	143
3) Importance relative et charge énergétique de différentes fractions phytoplanctoniques	146
a) Importance relative des différentes fractions phytoplanctoniques	149
b) Charge énergétique des différentes fractions phytoplanctoniques	156
c) Discussion	156
4) Importance quantitative de l'ATP dissous en milieu eutrophe	158
5) Relations nucléotides adényliques - assimilation photosynthétique	163
a) Le lac Pavin	163
b) Le lac d'Aydat	168
c) Discussion	173
6) Conclusions	176
<u>6ème partie : Nucléotides adényliques et structure des peuplements phytoplanctoniques.</u>	178
I Introduction	179
1) Généralités : les successions phytoplanctoniques	179
2) Déterminisme des successions phytoplanctoniques en milieu lacustre	181



II	Méthodes d'étude .....	185
1)	Etude de la structure des peuplements.....	185
a)	Indices de diversité spécifique .....	186
b)	Diagrammes rang-fréquence .....	187
2)	Etude du fonctionnement des peuplements .....	188
III	Resultats .....	188
1)	Délimitation des différents stades de la succession phytoplanctonique .....	188
a)	Le lac Pavin.....	188
-->	Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique .....	188
-->	Utilisation des diagrammes rang-fréquence...	190
b)	Le lac d'Aydat .....	193
-->	Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique .....	193
-->	Utilisation des diagrammes rang-fréquence...	196
c)	Discussion .....	198
2)	Evolution de la biomasse phytoplanctonique au cours des successions .....	200
a)	Le lac Pavin.....	200
b)	Le lac d'Aydat .....	203
c)	Discussion .....	204
3)	Evolution de l'activité métabolique des peuplements phytoplanctoniques au cours des successions .....	207
a)	Assimilation photosynthétique et taux de renouvellement .....	207
* Le lac Pavin .....		207
-->	Assimilation photosynthétique .....	207
-->	Taux de renouvellement.....	207
* Le lac d'Aydat .....		212
-->	Assimilation photosynthétique .....	212
-->	Taux de renouvellement.....	216
b)	Charge énergétique des peuplements phytoplanctoniques.....	216
-->	Le lac Pavin.....	217
-->	Le lac d'Aydat .....	217
c)	Discussion .....	220
IV	<u>Conclusions</u> : schéma général de développement du phytoplancton .....	223
	<u>7ème partie : Analyse mathématique</u> .....	230
1)	Introduction .....	231
2)	Sélection des variables .....	231
-->	Le lac Pavin .....	231
-->	Le lac d'Aydat .....	231
3)	Transformation des données .....	232
4)	Résultats de l'analyse, en composantes principales.....	232
a)	Seuil de signification des axes.....	233
b)	Interprétation des composantes .....	235
-->	Composante ou axe 1 .....	235
-->	Composante ou axe 2 .....	235

<b>CHAPITRE 3 - RESULTATS - ETUDE NYCTHEMERALE</b> .....	239
I Introduction .....	240
II Présentation de l'étude .....	240
III Résultats .....	241
A) Paramètres abiotiques .....	241
1) Energie lumineuse .....	241
2) Température .....	244
3) Oxygène dissous .....	244
B) Paramètres biotiques .....	244
1) Analyse qualitative du phytoplancton .....	244
2) Variations spatio-temporelles des paramètres estimatifs de la biomasse phytoplanctonique .....	250
a) Les dénombrements cellulaires .....	250
b) Les nucléotides adényliques .....	251
* Evolution spatiale .....	251
--> Variations spatiales des estimations de biomasse issues des nucléotides adényliques .....	251
--> Variations spatiales du rapport carbone/ATP .....	255
* Evolution nycthémeraie --> Variations nycthémeraies du rapport biomasse-ATP/biomasse-comptage .....	256
--> Variations nycthémeraies des autres nucléotides adényliques .....	256
3) Variations spatio-temporelles de la charge énergétique .....	261
a) Evolution spatiale .....	261
b) Evolution nycthémeraie .....	263
4) Variations spatio-temporelles des valeurs de production primaire au <sup>14</sup> C .....	263
IV Discussion .....	266
1) Variabilité spatiale .....	268
2) Variabilité nycthémeraie .....	269
--> ATP .....	269
--> Autres nucléotides adényliques .....	271
<b>CHAPITRE 4 - RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES</b> .....	277

- BIBLIOGRAPHIE .....	286
- ANNEXES .....	A1
--> Annexe I = Méthodologie relative aux paramètres abiotiques .....	A2
--> Annexe II = Méthodologie relative aux paramètres biotiques .....	A4

--> Annexe	III = Différents réactifs pour le dosage des nucléotides adényliques .....	A 7
--> Annexe	IV = Préparation des différentes solutions nécessaires au dosage des nucléotides adényliques .....	A 10
--> Annexe	V = Liste des espèces rencontrées au lac Pavin.....	A 13
--> Annexe	VI = Liste des espèces rencontrées au lac d'Aydat.....	A 18
--> Annexe	VII = Répartition spatio-temporelle de la biomasse des principales espèces rencontrées au lac Pavin.....	A 25
--> Annexe	VIII = Répartition spatio-temporelle de la biomasse des principales espèces rencontrées au lac d'Aydat (zone 0-4 m). ....	A 31
--> Annexe	IX = Dates des prélèvements. ....	A 46