

UNIVERSITE BLAISE PASCAL
(CLERMONT-FERRAND II)
U.F.R.DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

THESE



par

L'houssaine BOUMNICH

Présentée pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE BLAISE PASCAL

(Spécialité : Biologie Protistologie)

**ETUDE EXPERIMENTALE DES PARAMETRES
ECOPHYSIOLOGIQUES DES PRINCIPALES ESPECES
PHYTOPLANKTONIQUES DU LAC D'AYDAT (Puy-de-dôme, France).
ESSAI DE MODELISATION DES CULTURES D'ALGUES.**

Soutenue publiquement le 4 Février 1992 devant la commission d'examen :

P. De Puytorac	Président	(Univ. Blaise Pascal)
A. Dauta	Rapporteur	(Univ. Paul Sabatier)
J. Feuillade	Rapporteur	(I.N.R.A. Thonon les Bains)
M. Poulin	Examineur	(Ecole des mines de Paris)
J. Devaux	Examineur	(Univ. Blaise Pascal)
Ch. Amblard	Examineur	(Univ. Blaise Pascal)

Mots clés: Lac, culture d'algues, taux de croissance, assimilation de l'azote et du phosphore, stockage de N et P, photosynthèse, respiration, modélisation.

Résumé: Dans le but d'améliorer la précision du modèle mathématique de fonctionnement d'un petit lac eutrophe (lac d'Aydat, Puy-de-Dôme, France) nous avons déterminé, en laboratoire, les caractéristiques écophysiologiques de cinq des principales espèces phytoplanctoniques rencontrées dans cet écosystème à savoir: *Fragilaria crotonensis*, *Staurastrum pingue*, *Coelastrum cambricum*, *Anabaena macrospora* et *Microcystis aeruginosa*.

A partir de souches isolées du lac d'Aydat, placées en cultures non axéniques, sous une photopériode 15/9, nous avons déterminé:

- Le taux de croissance (μ) de ces espèces sous diverses combinaisons lumière-température en conditions nutritives non limitantes. Les valeurs de μ_{\max} varient de $0,57 \text{ j}^{-1}$ à 25°C sous un éclaircissement de $150 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ pour *F. crotonensis* à $1,4 \text{ j}^{-1}$ à 35°C sous $292 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ pour *C. cambricum*.

- Les vitesses d'assimilation ainsi que les capacités de stockage intracellulaire de l'azote et du phosphore. Elles apparaissent très différentes selon les espèces. Toutefois pour chacune d'elles, les quotas internes en phosphore permettent une production de cellules filles bien supérieure à celle autorisée par les quotas en azote en cas de carence de l'un ou de l'autre de ces éléments dans le milieu.

- Les teneurs en chlorophylle par unité de cellule. Celles ci varient considérablement non seulement en fonction des quotas internes en N et P mais également selon l'intensité de l'éclaircissement.

- Les paramètres liés au processus photosynthétique (P_{\max} , I_{opt}), ainsi que les capacités respiratoires (sauf pour *A. macrospora*).

Les valeurs mesurées pour l'ensemble des ces paramètres et pour chacune des espèces, ont été intégrées dans le modèle de simulation de la croissance d'algues en culture que nous avons élaboré. Quelles que soient les conditions héliothermiques et nutritionnelles testées, ce modèle ne permet pas de mettre en évidence un quelconque avantage compétitif de *M. aeruginosa*. Il semble donc que le déterminisme du développement en bloom de cette espèce dans de nombreux lacs ne soit pas à rechercher à partir de l'un des paramètres physiologiques étudiés ici.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	9
<u>CHAP. I: PRESENTATION DU SITE D'ETUDE</u>	16
1. INTRODUCTION	17
2. METHODOLOGIES	17
2.1. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	17
2.1.1. <i>Energie lumineuse</i>	17
2.1.2. <i>Température</i>	20
2.1.3. <i>Acidité ionique</i>	20
2.1.4. <i>Azote</i>	20
2.1.5. <i>Phosphore</i>	20
2.1.6. <i>Silice</i>	20
2.2. PARAMETRES BIOTIQUES	21
3. RESULTATS	21
3.1. PARAMETRES PHYSIQUES	21
3.1.1. <i>Energie lumineuse</i>	21
3.1.2. <i>Température</i>	21
3.2. PARAMETRES CHIMIQUES	23
3.2.1. <i>Acidité ionique</i>	23
3.2.2. <i>Azote</i>	23
3.2.3. <i>Phosphore</i>	23
3.2.4. <i>Silice</i>	27
3.3. PHYTOPLANCTON	27
<u>CHAP. II: MATERIEL ET METHODES</u>	33
1. ESPECES ETUDIEES	34
2. MILIEU DE CULTURE	36
3. ESTIMATION DU TAUX DE CROISSANCE	38
3.1. PRINCIPE	38
3.2. ESTIMATION DE LA BIOMASSE ALGALE	38
3.3. PROTOCOLE EXPERIMENTAL	39
4. DOSAGE DES PIGMENTS PHOTOSYNTHETIQUES	39

5. EVOLUTION DES TENEURS EN PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS	40
6. MESURE D'ASSIMILATION DU CARBONE	40
6.1. PRINCIPE	40
6.2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL	41
6.3. ALCALINITE	42
6.4. ACIDITE IONIQUE	42
7. MESURE DE LA RESPIRATION	42
7.1. PRINCIPE	42
7.2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL	43
7.2.1. <i>Mesure de la D.B.O par sonde polarographique</i>	43
7.2.2. <i>Mesure de la D.B.O5 (Respiromètre)</i>	44
8. RESERVES INTACELLULAIRES ET CONSOMMATION DES NUTRIMENTS	46
8.1. CONDITIONS DE CARENCES	46
8.2. ESTIMATION DES QUOTAS CELLULAIRES EN NUTRIMENTS	46
8.3. ASSIMILATION DES NUTRIMENTS	47
8.3.1. <i>Phosphore</i>	47
8.3.2. <i>Azote</i>	48
8.4. MESURE DE LA SEDIMENTATION	49
CHAP. III: INFLUENCE DE LA LUMIERE ET DE LA TEMPERATURE SUR LES PARAMETRES DE CROISSANCE	50
1. INTRODUCTION	51
2. IMPORTANCE DU FACTEUR LUMIERE	52
3. RELATIONS ENTRE DENSITE OPTIQUE ET NOMBRES DE CELLULES	52
4. INTERACTION LUMIERE-TEMPERATURE	52
5. ESTIMATION DE LA TENEUR EN CHLOROPHYLLE	63
6. MODELISATION DE LA CROISSANCE	63
6.1. ECRITURE DU MODELE	63
6.2. RELATIONS ENTRE TAUX DE CROISSANCE PREDITS ET TAUX DE CROISSANCE OBSERVES	66
7. DISCUSSION	69
CHAP. IV: PHOTOSYNTHESE ET RESPIRATION	71

1. INTRODUCTION SUR LA PHOTOSYNTHESE	72
2. RESPIRATION	73
3. INTERACTION PHOTOSYNTHESE-RESPIRATION	74
3.1. AUTOCONSOMMATION DES SONDES	74
4. RESULTATS	75
4.1. PHOTOSYNTHESE	75
4.2. RESPIRATION	84
4.3. INTERACTION PHOTOSYNTHESE-RESPIRATION	84
5. DISCUSSION	86
CHAP.V: ASSIMILATION ET STOCKAGE DES NUTRIMENTS	88
1. GENERALITES	89
2. METABOLISME DU PHOSPHORE	91
3. METABOLISME DE L'AZOTE	92
4. METABOLISME DE LA SILICE	93
5. SEDIMENTATION CELLULAIRE	94
6. RESULTATS	95
6.1. ASSIMILATION DES NUTRIMENTS	95
6.1.1. <i>Assimilation de l'azote</i>	95
6.1.2. <i>Assimilation du phosphore</i>	97
6.2. ESTIMATION DES QUOTAS CELLULAIRES	97
6.3. REGENERATION DE LA CHLOROPHYLLE	106
6.4. EVALUATION DE LA SEDIMENTATION	106
7. DISCUSSION	108
CHAP. VI: ESSAI DE MODELISATION DES CULTURES D'ALGUES	113
1. INTRODUCTION	114
2. STRUCTURE DU MODELE PROPOSE	115
2.1. VARIABLES DE FORÇAGE	115
2.1.1. <i>Lumière</i>	116
2.1.2. <i>Influence de la température</i>	116
2.1.3. <i>Interaction lumière-température</i>	117
2.1.4. <i>Vitesses d'assimilation des nutriments</i>	117
2.2. VARIABLES D'ETAT	118
2.3. PARAMETRES DU MODELE	119

3. CONDITIONS RETENUES POUR LA MODELISATION	120
4. CALIBRATION DU MODELE	122
4.1. PROTOCOLE EXPERIMENTAL	122
4.2. EVALUATION DU COEFFICIENT K	122
4.3. PARAMETRISATION DU MODELE	123
4.4. RESULTATS	123
5. VALIDATION	123
5.1. EFFETS DE LA TEMPERATURE ET DE L'INTENSITE LUMINEUSE DISPONIBLE	130
5.2. EFFETS DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES	130
5.2.1. <i>Simulation de la croissance des quatre espèces d'algues à la température de 10 °C</i>	132
5.2.1.1. <i>Milieu complet (nutriments non limitants)</i>	132
5.2.1.2. <i>Milieux carencés</i>	134
5.2.2. <i>Simulation de la croissance des quatre espèces d'algues à la température de 20 °C</i>	136
5.2.2.1. <i>Milieu complet (nutriments non limitants)</i>	136
5.2.2.2. <i>Milieux carencés</i>	138
5.2.3. <i>Simulation de la croissance des quatre espèces d'algues à la température de 30 °C</i>	138
6. DISCUSSION	140
RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES	146
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	155