

CULTURE DU PHYTOPLANKTON EN PETITS VOLUMES

par
Rafik BEN SAID

ملخص

نقترح ضمن هذا العمل عرض تقنية تربية العلق النباتي في احجام صغيرة و ذلك في محطة تفريخ الاسماك بغار الملح التابعة للمعهد القومي العلمي و التقني لعلم البحار و الصيد بصلامبو (تونس) حيث قمنا باستزراع العديد من انواع الطحالب المجهرية في قاعة مكيفة و قد تمكنا من التحكم في عدة عوامل فيزياء-كيميائية (اضاءة - حرارة - املاح معدنية ...) من شأنها ان تؤثر تأثيرا كبيرا على تطور و نمو العوالق النباتية و تبين لنا ان هذه الطريقة افضل من التربية في الاحواض الكبيرة (الخاضعة للتقلبات المناخية) ذلك انها تعطينا طحالب بكثافة كبيرة و في وقت وجيز

RESUME

Dans ce travail, réalisé à l'écloserie de l'INSTOP à Ghar El Melh, on se propose d'exposer les résultats des cultures du phytoplancton dans une salle climatisée en petits volumes. Par opposition aux cultures en grands volumes soumises aux aléas climatiques, cette technique permet la maîtrise des paramètres physico-chimiques (lumière, température, sels minéraux...) et l'obtention de hautes densités algales dans un laps de temps assez court.

ABSTRACT

In this work, we propose to expose the technic of phytoplankton culture in little volumes in the INSTOP's hatchery situated in Ghar El Melh where we have cultured many species of micro-algae in an air conditioned room. Thus, we can control many physical and chemical parameters (light, temperature, mineral salts...) which have a great influence on the development and growth of planktonic algae. In this way, we realized that this technic is better than culture in great tanks (witch are subject to climatic variations) since we can obtain algae with high density and in a short lapse.

Mots clés : Culture - phytoplancton - micro-algues.

Key words : Culture - phytoplankton - micro-algae.

INTRODUCTION

Le phytoplancton, composé de micro-algues planctoniques, constitue le premier maillon de la chaîne alimentaire de plusieurs êtres vivants aquatiques, dont les mollusques, les crustacés et les poissons. Tous ces animaux utilisent ces minuscules végétaux soit directement (crustacés et certains mollusques), soit indirectement (poissons en particulier). Ces derniers, pendant leurs premiers stades larvaires, se nourrissent de petits animaux proies tels que les rotifères, l'Artemia et les copépodes, qui, à leur tour consomment les micro-algues pour vivre et se multiplier.

Dans les écloséries de poissons en particulier, à côté des installations d'élevage larvaire proprement dit, il faut avoir d'autres installations destinées aux cultures annexes : le phytoplancton et le zooplancton (rotifères et Artemia). On parlera dans ce qui suit uniquement de phytoplancton.

A l'éclosérie de l'INSTOP (à Ghar El Melh), la culture des micro-algues est réalisée selon deux techniques: sous serre, en grands volumes et dans une salle spéciale en petits volumes. C'est cette deuxième technique qui sera traitée en particulier et en détail.

1. APERÇU SUR LA CULTURE DU PHYTOPLANCTON EN GRANDS VOLUMES :

La culture du phytoplancton en grands volumes est conduite dans des bassins en ciment, couverts par une serre agricole en plastique. Le volume de ces bassins varie entre 5 et 7 m³, en général. La culture est ployspécifique à prédominance de chlorelles (KSOURI, 1989). La filtration de l'eau de mer est assurée jusqu'à 35 µm, ce qui est insuffisant pour avoir des cultures de bonne qualité.

La température et l'éclairage sont étroitement liés aux variations climatiques. Quant à la fertilisation des cultures, elle est basée sur l'utilisation des engrais agricoles à savoir le superphosphate et l'ammonitrite.

L'agitation des micro-algues est assurée par l'air surpressé qui apporte entre autres le CO₂. Ce gaz devrait, en principe, être apporté en surplus lorsque les cultures sont denses.

Le contrôle du développement algal se fait par comptage sous le microscope. Les concentrations cellulaires de la chlorelle varient entre 0,5 et 2,5. 10⁶ cellules/ml. Mais dans la plupart des cas, vu les conditions aléatoires de température et d'éclairage en particulier, les chlorelles deviennent rares, par contre d'autres espèces indésirables prennent le dessus. Elles sont en général filamenteuses appartenant généralement aux diatomées ou aux algues bleues. Dans d'autres cas, on assiste à une chute de culture; les algues tombent au fond et meurent.

Pour toutes ces raisons, on a opté pour la culture du phytoplancton en petits volumes, dans une enceinte où plusieurs paramètres peuvent être contrôlés.

2. CULTURE DU PHYTOPLANCTON EN PETITS VOLUMES :

2.1 Espèces cultivées :

Il existe environ une vingtaine d'espèces de micro-algues planctoniques marines intéressantes à cultiver dans les écloséries.

Les critères importants à tenir en compte lors du choix de l'espèce sont généralement une valeur nutritive élevée, une facilité de culture et d'entretien, un rapport adéquat entre la taille de la cellule algale et l'ouverture buccale du consommateur phytophage. A cet égard, seules les petites algues (2-10 μ m) qui conviennent dans les cultures.

En outre, elles doivent supporter en cultures de fortes concentrations (de quelques millions à quelques dizaines de millions/ml, selon leur taille) et se maintenir en suspension dans l'eau.

Les espèces utilisées sont :

- a) **Chlorella** Beyerinck 1890 (Classe : Chlorophyceae; Ordre : Chlorococcales; Famille : Chlorococcaceae).

Les cellules sont toujours solitaires, sphériques ou éllipsoïdales, à 1 ou 2 plastes. Le pyrénôïde peut être présent ou absent. La taille peut varier de 1,5 à 10 μ m (Chretiennot-Dinet et coll, 1990). Il y aurait une dizaine d'espèces marines différentes dont Chlorella stigmatophora Butcher, qui a une taille de 1 à 2 μ m (Boulot, 1985).

- b) **Tetraselmis** Stein, 1878 (= *Platymonas* G.S.West) (Classe : Prasinophyceae; Ordre : Chlorodendrales; Famille : Chlorodendraceae).

Les cellules sont vertes, mobiles ou non et ovoïdes. Les cellules mobiles possèdent 4 flagelles égaux, insérés dans une dépression antérieure. Le plaste est lobé à la partie antérieure, le pyrénôïde, basal, est entouré d'amidon.

Le noyau est central, quant au stigma, il est généralement présent. Les flagelles sont recouverts d'écaillés typiques en plusieurs couches. Les cellules non mobiles formant des sortes de kystes peuvent présenter plusieurs parois successives, toujours lisses. Chaque kyste peut contenir 4 cellules à paroi ornementée. La taille des cellules varie généralement entre 10 et 20 μ m. D'après (Chretiennot-Dinet et coll, 1990), il existe une vingtaine d'espèces différentes dont Tetraselmis suecica (= *Platymonas suecica*) qui est très réputée en écloséries pour avoir une teneur en protéines identique à celle de *Monochrysis* ou *Pavlova* et supérieure à 50% du poids sec (Parson et al, 1961). La taille de cette espèce varie de 8 à 10 μ m de longueur (Pouvreau, 1977).

- c) **Dunaliella** Teodoresco, 1905 (Classe Chlorophyceae, Ordre Dunaliellales, Famille Dunaliellaceae).

Les cellules sont mobiles, de forme variable (ronde à fusiforme ou cylindrique), peu ou pas comprimées. L'apex est souvent pointu, où s'insèrent deux flagelles égaux. La taille des cellules peut atteindre 15 μm . Il existe une vingtaine d'espèces se distinguant par la forme, la taille, la présence ou l'absence des divers organites (pyrénoïde et stigma en particulier).

Dans ce cadre, on peut citer Dunaliella tertiolecta qui est une algue flagellée ovoïde de 9 à 11 μm . La croissance des larves de mollusques est arrêtée si elles sont nourries exclusivement avec cette algue.

d) Pavlova Butcher, 1952 (=Monochrysis) (Classe: Prymnésiophyceae ou Haptophyceae; Ordre: Pavloales; Famille: Pavlovaceae).

Le genre Pavlova peut à la fois être représenté par des cellules flagellées mobiles ou non. L'espèce Pavlova lutherii est une espèce largement employée depuis longtemps en aquaculture comme nourriture pour les larves de mollusques bivalves. C'est une algue jaune brun de 3 à 5 μm à nage spirale.

e) Nitzschia Hassal, 1845 (Classe Diatomophyceae ou Bacillariophyceae; Ordre: Pennales; Famille: Nitzschiaceae).

Les cellules sont habituellement libres, mais parfois réunies en colonies muqueuses ou filamenteuses. L'algue étudiée serait Nitzschia closterium (Ehrenberg, W. Smith). D'après la classification de Grunow 1880, cette espèce entre dans la section Nitzschiella (Rabenhorst) Grunow, 1880. Les valves de cette diatomée sont habituellement longues et étroites aux extrémités.

Ces dernières sont fines, allongées, légèrement courbées soit du même côté, soit des côtés opposés, donnant ainsi à la valve un aspect légèrement sigmoïde. La carène est centrale à marginale, quant à la surface valvaire, elle porte de très fines punctuations disposées en stries transapicales ((RICARD, 1987).

2.2. Enceintes de culture:

Les enceintes de culture du phytoplancton, utilisées, sont : des erlemmeyers de 250 ml, servant pour la conservation des souches, des ballons en verre de 6 à 10 l, des sacs en plastique transparent de 40 à 50 l, de cuves cylindriques en plastique translucide de 90 l et des aquariums en verre de 200 l. Le volume total de production phytoplanctonique est de 1,2 m³.

3. ENVIRONNEMENT PHYSICO-CHIMIQUE :

3.1. Température :

La culture des micro-algues est réalisée dans une salle climatisée afin de conserver une température optimale pour le développement algal. Cette température varie entre 18° et 22°C.

3.2 Eclairage (intensité lumineuse et photopériode).

L'énergie lumineuse est fournie par des tubes à néon du type Mazda fluor 36 w "Lumière du jour". L'intensité lumineuse nécessaire est intimement liée au volume d'algues à produire et à la densité cellulaire de ces dernières.

Les niveaux énergétiques utilisés sont :

- 2800 - 4400 lux pour les souches
- 12000 - 16000 lux pour les ballons en verre
- 6000 - 8000 lux pour les sacs en plastique
- 4000 - 6000 lux pour les aquariums et les cuves

Par ailleurs, les micro-algues planctoniques peuvent se développer avec une durée d'éclairage s'étalant entre 12 et 18 heures. Cependant, les espèces de phytoplancton cultivées habituellement se développent normalement avec une illumination constante (Le Borgne, 1986); c'est ce qu'on a choisi pour nos cultures, c'est à dire une photopériode de

24 H "de jour"
0H " de nuit".

3.3. Qualité de l'eau (Filtration et stérilisation).

L'eau de mer utilisée pour la culture des algues doit être de bonne qualité afin de favoriser la multiplication cellulaire de ces dernières dans les meilleures conditions.

Tout d'abord, en ce qui concerne la filtration, l'eau doit être filtrée jusqu'à 1 à 0,5 μm . Cette filtration poussée est de nature à empêcher le passage de la majorité des particules inertes et vivantes susceptibles de nuire au bon développement des algues cultivées.

Dans nos conditions, la filtration n'est assurée que jusqu'à 10 μm , ce qui est insuffisant à notre avis. Concernant la stérilisation, elle peut être assurée par plusieurs moyens physiques et chimiques: aux rayons ultra-violet (UV), ultrafiltration sur membrane jusqu'à 0,2 μm , par autoclavage à 120°C, par ébullition à 100°C et par acidification puis neutralisation de l'eau de mer jusqu'à un $\text{pH} = 8-8,5$. Dans nos conditions, on a opté pour l'ébullition à 100°C pendant 15 à 20 mn.

Cette méthode n'est pratiquée que par la conservation des souches. Malheureusement, les volumes allant de 10 à 200 l ne sont que rarement stérilisés par manque de moyens adéquats.

3.4. Milieux d'enrichissement de cultures:

Les milieux d'enrichissement employés pour les cultures algales sont très divers. Le milieu choisi est celui de Walne ou Conway, mais modifié.

Composition du milieu : NaNO_3 (100g); $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (20g); $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (1,3g); $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0,36g); H_3BO_3 (33,6g); Na EDTA (45g); solution de métaux

(1 ml), solution vitaminique (0,1ml); Q.S.P. (1000 ml d'eau distillée).

Solution de métaux : $ZnCl_2$ (2,1g); $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ (2,0g)
 $(NH_4)_6(Mo)_7(O_2)_4 \cdot 4H_2O$ (0,9g);
 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (2,0g).

Q.S.P. (100 ml d'eau distillée).

Ajouter quelques gouttes de Hcl pour dissoudre les métaux et clarifier la solution.

Solution de vitamines : Vitamine B12 (cyanocobalamine) (10mg);

Vitamine B1 (Thiamine) (200mg);

Vitamine H (Biotine) (10mg).

Q.S.P. (100 ml d'eau distillée).

La dose à utiliser est de 1 ml de milieu de culture pour 1l d'eau de mer.

Les modifications du milieu de Walne ont touché, d'une part la dose de l'EDTA et d'autre part la composition de la solution vitaminique. Concernant le chélateur EDTA, il a été démontré qu'une concentration faible de ce produit permettrait d'optimiser aussi bien la croissance des algues que leurs teneurs en minéraux, suite à une meilleure chélation (Provasoli, 1957, Chouba, 1989). C'est ainsi qu'on utilise 5g d'EDTA au lieu de 45g.

En ce qui concerne la solution vitaminique utilisée dans nos expériences, sa composition est la suivante :

- 1 comprimé de mélange vitaminique appelé TRIB contenant :

* Vitamine B1 (Thiamine chlorhydrate): 125 mg.

* Vitamine B6 (Pyridoxine chlorhydrate) : 125 mg.

* Vitamine B12 (Cyanocobalamine) : 0,5 mg.

- 2 comprimés de vitamine H (biotine) : 10 mg.

L'ensemble est broyé puis dissout dans 50 ml d'eau distillée stérilisée.

3.5. Aération et apport de CO_2 :

L'aération et l'apport du CO_2 n'intéresse que les cultures dans les volumes allant de 1 jusqu'à 200l. Quant aux "souches" algales, elles sont cultivées sans bullage ni apport de CO_2 ; une agitation manuelle une ou deux fois par jour suffit pour le développement lent des micro-algues.

L'apport du CO_2 s'impose lorsque la densité cellulaire du phytoplancton augmente, car l'aération à elle seule ne suffit plus pour assurer la photosynthèse de ces végétaux.

De surcroît, le CO_2 permet la régulation du pH, en évitant l'acidification de la culture. Dans la pratique, ce gaz est injecté, à partir d'une bouteille spéciale, à l'entrée de la conduite d'air alimentant les différents récipients de culture (ballons, gaines en plastique, cuves, aquariums...).

Le pourcentage de CO₂ par rapport à l'air fourni aux micro-algues doit être en général, compris entre 1 et 2%. Dans nos cultures en petits volumes, dans la salle spéciale, le débit total d'air utilisé est d'environ 220 l/mn, tandis que celui du CO₂ est de 2l/mn (soit environ 1%).

Pouvreau (1977) suggère l'utilisation d'un débit de 0,5l d'air par litre de culture et par minute. Dans notre cas, les micro-algues planctoniques cultivées dans des ballons de 6 à 10 l sont bien brassées puisque le débit d'air y varie entre 12 et 20l/mn. En revanche, dans les sacs en plastique, les cuves et les aquariums, le brassage est faible, les débits d'air y sont respectivement : 4,3; 20 et 10 l/mn.

Ce faible débit d'aération a un effet néfaste sur la multiplication cellulaire du phytoplancton.

4. CONSERVATION DES SOUCHES DE MICRO-ALGUES PLANCTONIQUES

Chacune des espèces (en réalité les genres), décrites plus haut, est cultivée dans des erlenmeyers de 250 ml, en trois exemplaires afin de la conserver le plus longtemps possible, et de l'utiliser éventuellement en volumes plus importants.

La conservation de ces "souches" est assurée par repiquage tous les 15 jours, dans des récipients préalablement stérilisés à l'étuve pendant 1/4 d'heure à 20mn à 160°C.

Ainsi, pour chaque espèce, un nouveau erlenmeyer estensemencé avec 50 ml de culture en phase de croissance. A chaque nouvelle inoculation, l'erlenmeyer contenant la culture la plus vieille est éliminé, tandis que les deux autres erlenmeyers sont conservés. L'un de ces deux derniers qui a servi pendant le dernier ensemencement et qui contient seulement 200 ml de culture algale, sera augmenté de volume en lui rajoutant 50 ml de milieu nutritif. Quant au deuxième, il restera tel qu'il est jusqu'à la date de la prochaine inoculation pour être éliminé (Fig 1).

5. SUIVI DE L'EVOLUTION DES CULTURES EN PETITS VOLUMES :

Le suivi du développement algal en petits volumes a intéressé quatre espèces cultivées dans différents récipients mis à part les erlenmeyers conservant les souches. Les espèces (ou plus précisément les genres) sont : *Chlorella*, *Tetraselmis*, *Dunaliella* et *Nitzschia*.

Les cultures sont généralement monospécifiques. Le genre *Tetraselmis* est le plus utilisé de par sa haute valeur nutritive.

Vu le besoin énorme des rotifères pour les algues, le suivi du développement phytoplanctonique est généralement assuré visuellement en observant l'aspect des cultures.

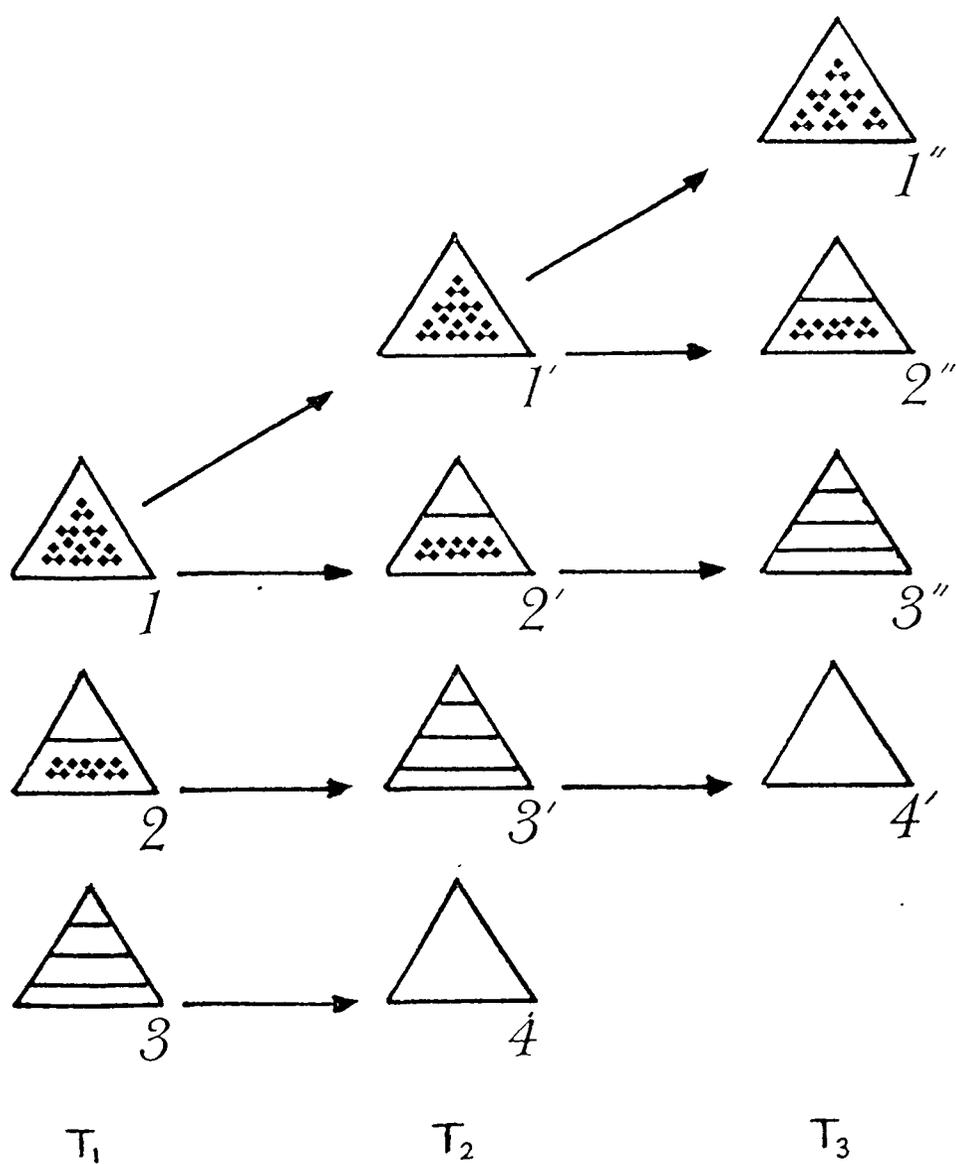
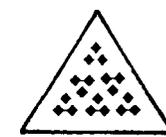


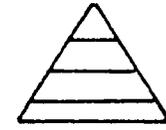
Fig 1 : Repiquage des souches algales.



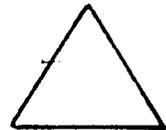
: Erlenmeyers nouvellement ensemencés : N° 1, 1', 1''



: Erlenmeyers ayant déjà servi pour l'inoculation d'autres : N°2, 2', 2''...



: Erlenmeyers ayant servi pour l'inoculation, remplis de nouveau : N° 3', 3''...



: Erlenmeyers vides : N° 4, 4''...

$T_1, T_2, T_3...$: Différents temps d'inoculation.

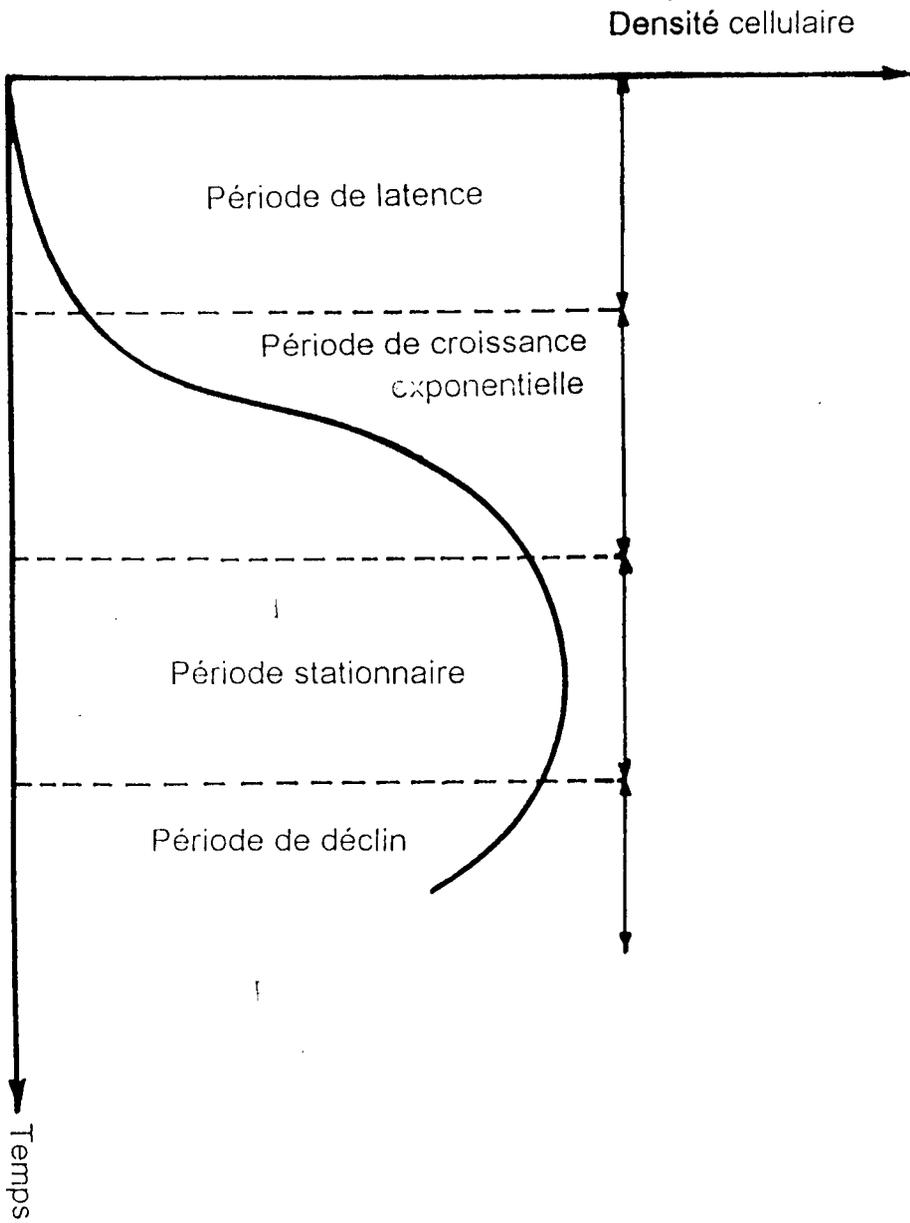


Fig 2 : Courbe de croissance des algues planctoniques
(Allure générale)

Lorsque le "bloom" ou éfflorescence est atteint (vert foncé dans le cas des trois premières algues citées plus haut, ou brun foncé dans le cas de la diatomée *Nitzschia*), on distribue ces micro-algues à leurs prédateurs (rotifères, *Artemia*...) et on inocule par la même occasion d'autres récipients. L'ensemencement de nouvelles cultures se fait en général dans les proportions: 1/4 d'algues et 3/4 d'eau de mer. Le temps s'écoulant entre l'inoculation et le bloom varie entre 5 et 7 jours dans nos conditions de cultures. La courbe de croissance des algues planctoniques comporte en général, quatre phases : une phase de latence ou d'adaptation, une phase de croissance exponentielle, une phase stationnaire et une phase de déclin ou phase léthale où les cellules ne se multiplient plus et meurent (Fig 2). Le moment idéal pour l'inoculation et la "récolte" doit se situer pendant la phase exponentielle. En effet, à ce moment, la valeur nutritive des algues cultivées est la plus élevée et les cellules phytoplanctoniques sont dans un meilleur état physiologique. Les différentes phases de la courbe de croissance des micro-algues planctoniques peuvent être plus ou moins longues, et par conséquent, son allure générale peut changer, et ce, en fonction de :

- La densité algale de l'inoculum.
- De l'espèce considérée.
- Du volume et de la forme du récipient de culture.
- De la qualité du milieu de culture
- De la vigueur de l'aération.
- De la température et de la salinité (Le Roux, 1975; Pouvréau, 1977).

Le facteur lumière sous ses différents aspects (intensité, photopériode et bandes spectrales), aurait une influence capitale sur la dynamique de la population cellulaire algale.

Le suivi très précis et régulier de la concentration cellulaire algale dans les différents récipients de culture n'a pas été toujours effectué, et le bloom n'est pas atteint très souvent car on est astreint à satisfaire les besoins quotidiens énormes des rotifères. Toutefois, on peut donner un ordre de grandeur des concentrations maximales atteintes dans nos conditions et concernant *Chlorella* et *Tetraselmis* cultivées dans différentes enceintes (voir tableau ci-après).

Enceintes de culture	Concentration cellulaire (X10 ³ cellules/ml)	
	<i>Chlorella</i>	<i>Tetraselmis</i>
Ballon en verre de 6 et 10 l	11.10 ³	1-2,1.10 ³
Sacs en plastique (40 - 60 l)	8,4.10 ³	0,6-1.10 ³
Cuves (80-100l)	—	0,4-0,7.10 ³
Aquariums (200l)	—	0,2-0,4.10 ³

Le comptage des cellules algales est réalisé au microscope optique à l'aide

del'hématimètre de Malassez.

Nos résultats corroborent ceux obtenus par le Borgne (1986) qui indique la possibilité d'avoir des concentrations utiles variant entre 1 et $5 \cdot 10^6$ cellules par ml suivant les espèces et les modes de culture, et d'autres plus élevées de l'ordre de $20 \cdot 10^6$ cellules /ml dans de faibles volumes. Ces dernières concentrations sont délicates à maintenir.

Notons que les faibles concentrations de Tetraselmis obtenues dans nos conditions et plus précisément dans les cultures en cuves et dans les aquariums seraient dûes à une faible aération conjuguée avec une intensité lumineuse insuffisante.

6. CONTAMINATION DES CULTURES:

Parmi les problèmes épineux rencontrés dans nos cultures en petits volumes dans la salle spéciale, figure celui de la contamination. Ce phénomène a une cause double. La première est directement liée à la qualité d'eau de mer. Cette dernière est en effet filtrée jusqu'à $10 \mu\text{m}$ seulement et n'est que rarement stérilisée. Quant à la seconde, elle est due parfois à une mauvaise manipulation des souches algales.

La contamination peut alors se manifester de plusieurs façons: soit par un développement de zooplancton constitué essentiellement de copépodes, soit par un développement d'une espèce algale au dépens d'une autre (généralement la Nitzschia envahit tout le volume dans un laps de temps très court). Parfois, on assiste à une pullulation d'une nouvelle espèce étrangère qui, soit coexiste avec l'espèce cultivée normalement comme le diatomée Rhizosolenia de couleur brunâtre, soit élimine la bonne algue.

Dans ce cas, il s'agit généralement d'une cyanophycée, malheureusement non identifiée. L'aspect des cultures devient bleu-verdâtre. Dans les deux cas de prolifération d'algues filamenteuses (soit les diatomées, soit les cyanophycées), les rotifères élevés à l'écloserie et leurs prédateurs que sont les larves de poissons passent par des moments difficiles par manque de nourriture car ces algues sont inconsommables par les rotifères du genre Brachionus.

7. CONCLUSION

En conclusion, on peut dire que la culture du phytoplancton en grands volumes (dans les grands bassins sous serre), présente l'avantage d'être simple, peu coûteuse et offrant une grande quantité d'algues. Cependant, elle est tributaire des variations climatiques, ce qui rend ses résultats aléatoires. En revanche, la salle climatisée est à notre avis le meilleur choix pour assurer des cultures algales, en petits volumes, mais de bonne qualité et ayant des densités cellulaires élevées. Pour ce faire, il faudrait :

- Améliorer la qualité d'eau de mer en la filtrant jusqu'à 1 ou $0,5 \mu\text{m}$; la stériliser par voie chimique (acidification) ou physique (rayons U.V), ce dernier procédé est le meilleur.

- Bien éclairer et aérer les cultures algales.
- Stériliser les vitamines.
- Augmenter les structures de production phytoplanctoniques pour satisfaire les besoins nutritionnels des rotifères, des artemies et des larves de poissons.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement et sincèrement mon ami et collègue **KSOURI Jamel** avec qui j'ai effectué ce travail dans des conditions difficiles, ainsi que tous les ouvriers de l'écloserie de Ghar El Melh. Je remercie également Mme. **MEDHIOUB** pour nous avoir fourni les souches algales ainsi que les responsables du Centre National d'Aquaculture (CNA) de Monastir. Je tiens à remercier également Mademoiselle **LAALA Saloua** pour la dactylographie de ce manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- BOULOT,A.(1985).** - La phycoculture - Techniques, intérêts, perspectives. Thèse d'Etat en pharmacie. Université de CAEN.France.
- CHOUBA,L.(1989).** -Etude des minéraux traces(fer, zinc,cuivre, manganèse) dans une chaîne trophique aquacole (algues-rotifères). Optimisation de l'apport de fer. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de deuxième année de l'I.S.P.A. France.
- CHRETIENNOT-DINET,M.J., BILLARD,C. et SOURNIA,A.(1990).** - Atlas du phytoplancton marin, publié sous la direction de A.SOURNIA. Vol.3 261p.
- KSOÛRI,J.(1989).** - Elevage larvaire et prégrossissement de la daurade Sparus aurata et du loup Dicentrarchus labrax à la station de Ghar El Melh Thèse Doct.Spéci; Fac.Sci.Tunis.264p.
- LE BORGNE,Y.(1986).** - La culture des micro-algues in Aquaculture BARNABE,G. Lavoisier, Paris : 182 - 192 p.
- LE ROUX,S.(1975).** - Valeur comparée de diverses algues monocellulaires pour l'alimentation des larves de Mytilus edulis en élevages expérimentaux. Thèse de 3ème cycle. Univ.Bretagne Occidentale.France.
- PARSONS,T.R.; STEPHENS,K. et STRICKLAND,J.D.H.(1961).** - On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters. *J.Fish. Res.Bd.Canada.* 18 (6) 1001-10016.
- PROVASOLI,L.; Mc LAUGHLIN,J.J.A. et DROOP,M.R.(1957).** - The development of artificial media for marine *algae*.*Arch mikrobiol.*25 : 392 - 428.
- POUVREAU,B.(1977).** - L'huitre plate : Ostrea edulis L. Maturité sexuelle contrôlée, élevage larvaire, croissance et mortalité, variabilité génétique.Thèse de 3ème cycle.Univ.CAEN.France.
- RICARD,M.(1987).** - Atlas du phytoplancton marin publié sous la direction de A.SOURNIA. Diatomophycées. Vol.2 297p.