

Découvrez les publications récentes de l'Ifremer dans le [catalogue en ligne](#) du service des éditions.
Découvrez également un ensemble de documents accessibles gratuitement dans [Archimer](#)

Valorisation des algues et autres végétaux aquatiques

Sous la direction de René Delépine, Jeanne Gaillard, Philippe Morand



Ifremer

9001

9330
VAL
✓

VALORISATION des ALGUES et autres VÉGÉTAUX AQUATIQUES

Sous la direction de

René DELÉPINE

Écobiogéographie et Valorisation des algues
Université P. et M. Curie — PARIS VI.

Jeanne GAILLARD

Biologie Végétale Marine
Université P. et M. Curie — Paris VI

Philippe MORAND

CREMA - CNRS L'Hourmeau - Nieul-sur-Mer 17137



IFREMER-Bibliothèque de BREST



0BR27082



62235

Dans cet ouvrage sont présentés les documents relatifs au colloque VALVA (Valorisation des végétaux aquatiques) tenu à Bombannes (Gironde, France) du 16 au 19 novembre 1982, ainsi qu'un répertoire, commenté, de personnes intéressées par ces activités.

Nous tenons à remercier chaleureusement tous ceux qui, à quelque titre que ce soit, ont été les artisans du colloque VALVA et ont permis cette publication.

Geneviève BELLIARD, Jean-Claude BOUSQUET, Micheline CHARPENTIER, Jean DEFLANDRE, Michel DUPRÉ, Anne-Lise ÉTIENNE, Michel GLASS, Alain GUILLE, Pierre HAREN, Guy JACQUES, Jean-Max de LAMARE, Lucien LAUBIER nous ont apporté leur soutien efficace, tant pour l'élaboration que pour le financement du projet.

Janine BOUQUET, Martine BERTRAND, Catherine HERBRETEAU-LEMONNIER, Jeanine JACQUEMIN, Cécile LAMBERT, Lydie LEBRUN, Anne LEPROUX, Lysiane MONTAGNE, Bruno de REVIERS, Nicole SALOU, Catherine VIGIER ont participé à l'organisation matérielle, à Paris comme au centre de Bombannes où tout le personnel s'est dépensé sans compter pour nous assurer le meilleur accueil.

Les différents animateurs de tables rondes ont grandement facilité les discussions scientifiques en acceptant de rédiger leur synthèse immédiatement après les débats.

Aldo ASENSI, André BONNEFOY, Sehera-Banon DOURIKA, Evelyne DUBOIS, Sandrine FRENOY, Jeanne GAILLARD, Jeanine JACQUEMIN, Marie-Lise KONDRACKI, Claude MONNIER ont largement contribué à la préparation des actes — avec l'abondante correspondance qu'elle a entraînée — et à la mise au point du manuscrit.

René DELÉPINE, Philippe MORAND

Toute référence à cet ouvrage sera libellé de la façon suivante :

Delépine R., J. Gaillard et Ph. Morand (rédacteurs), 1988. Valorisation des algues et autres végétaux aquatiques. BREST, IFREMER - PARIS, CNRS. 350 p.

Photo de couverture

Laminaires à basse-mer dans le chenal de l'île Verte à Roscoff (Finistère) : Laminaria ochroleuca, Laminaria digitata,... (cliché M.C. Noailles).

Service de la Documentation
et des Publications (S.D.P.)
IFREMER - Centre de Brest
BP 70 - 29263 PLOUZANÉ
Tél. 98 22 40 13 - Télex 940 627F

ISBN - 2 905434 - 17 - 1

© Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer. IFREMER. 1988

La décision de programmer le colloque VALVA a été prise par des représentants de différents ministères et organismes :

M. J.-M. de LAMARE	Ministère de la Recherche et de la Technologie
M. D. de la MARTINIÈRE	
M. P. HAREN	Ministère de la Mer
Mme M. CHARPENTIER	
M. M. DUPRÉ	Ministère de l'Environnement
M. Ph. MORAND	Commissariat à l'Energie Solaire (COMES)
M. P. ERNOULT	Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO)
M. J. DEFLANDRE	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) Programme Interdisciplinaire de Recherches sur les Sciences pour l'Energie et les Matières Premières (PIRSEM)
M. G. JACQUES	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) Programme Interdisciplinaire de Recherches Océanographiques (PIROCEAN)
Mme J. VILLE	Agence Nationale de la Valorisation de la Recherche (ANVAR)
M. R. PÉREZ	Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (ISTPM)
M. C. GUDIN	Commissariat à l'Energie Atomique (CEA)
M. G. LEYNAUD	Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts (CEMAGREF)
M. D. BRUGÈRE	Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)
Mme P. GAYRAL	Université de CAEN
M. M. BODARD	Université de LILLE I
Mme C. BERKALOFF	Université de PARIS VI

L'organisation de ce colloque et la publication des actes ont été financées par :

le Ministère de l'Industrie et de la Recherche

le Ministère de l'Environnement

le Ministère de la Mer

l'Institut Français de Recherche et d'Exploitation de la Mer (IFREMER)

le Centre National de la Recherche Scientifique

(PIROCEAN ; Dépt. TOAE, Division Océan ; Dépt. Sciences de la Vie)

l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie (AFME)

Le Secrétariat de ce colloque a été assuré par M. René DELEPINE

S O M M A I R E

TABLE DES MATIERES	5
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES UTILISES	13
PRESENTATION SYNTHETIQUE	15
ACTIONS DES MINISTERES ET ORGANISMES POUR LA VALORISATION DES VEGETAUX AQUATIQUES	31
COMMUNICATIONS	45
TABLES RONDES	235
INDEX	295
REPERTOIRE VALVA	309

RÉSUMÉ

Ce volume, relatif à la "Valorisation des algues et autres végétaux aquatiques", est publié à un moment où la réflexion menée sur la protection du milieu naturel rejoint les préoccupations économiques de gestion de l'eau et des ressources aquatiques. Il devrait collaborer à la mise en place de stratégies de développement tant dans le domaine de l'exploitation des algues marines, que dans celui de l'utilisation des végétaux d'eau douce.

Cet ouvrage comporte trois parties principales :

- 1- La première rend compte du Colloque VALVA (Valorisation des végétaux aquatiques) tenu à Bombannes en novembre 1982 et rassemble : a) la présentation synthétique des résultats acquis et des propositions faites - b) le résumé des actions entreprises par divers ministères et organismes publics pour valoriser ces végétaux - c) les textes de 52 communications présentées au Colloque - d) les textes des discussions et propositions concernant 18 tables rondes.
- 2- La deuxième partie regroupe les divers index relatifs au Colloque, facilitant l'utilisation des documents précédents.
- 3- La troisième est relative à un répertoire national constitué des personnes qui ont manifesté leur intérêt pour cette valorisation en répondant à divers questionnaires. Elle contient : a) les adresses, mises à jour au printemps 1988, de 252 personnes en distinguant celles des 154 participants au colloque, b) un tableau synthétique qui, pour chacune des personnes répertoriées, indique d'une part, leur catégorie socio-professionnelle et, d'autre part, leurs choix, effectués parmi 19 classes d'activité ou d'intérêt, réparties en 4 rubriques (Matériel biologique, Milieu écologique, Région géographique, Thème d'activité) c) une analyse des données du répertoire, fondée sur le commentaire des réponses rassemblées dans le tableau synthétique.

ABSTRACT

This volume about "Valorisation des algues et autres végétaux aquatiques" is being published when studies are developing on natural environment protection and economical management for water and aquatic resources. It should help in setting up development strategies for exploitation of seaweeds as well as fresh-water plants.

This work is helpful to many readers and more particularly to : researchers, industrials, responsables of research units or technical associations, teachers of various academic levels, all classes of decision-makers, students. It will give them food for thought and bring many references about people already committed in these fields.

This volume includes three parts :

- 1- Part one is about VALVA (Valorisation des végétaux aquatiques = upgrading aquatic plants) Colloquium with a) a general summary - b) activities of various ministries in these fields - c) the texts of 52 posters presented during the colloquium - d) proposals which have been done during the 18 round-tables of the colloquium.
- 2- Part two contains indexes dealing with the colloquium and helping in the use of the above documents.
- 3- Part three is dealing with people involved in the field of upgrading aquatic plants in France. It contains a) addresses of 252 persons, b) a general table gathering for each one their socio-professional category and their interest according to 4 rubrics (biological material, ecological environment, geographical zone and type of activity), c) an analysis of data presented in the general table.



TABLE DES MATIERES

PRÉSENTATION SYNTHÉTIQUE	15
René DELÉPINE et Philippe MORAND	
Introduction	17
Résumé thématique	19
Synthèse générale	27
ACTIONS DES MINISTÈRES ET ORGANISMES POUR LA VALORISATION DES VÉGÉTAUX AQUATIQUES	31
Allocution d'ouverture	33
Jean-Claude HENNEQUIN	
L'AFME et la valorisation énergétique des végétaux aquatiques	37
Philippe MORAND	
Les missions du CNRS/PIROCEAN	41
Guy JACQUES	
L'action du CNRS/PIRSEM dans le domaine des algues	43
Anne-Lise ÉTIENNE	

COMMUNICATIONS AFFICHÉES

- | | | |
|----|---|----|
| 1 | ALTAZIN R.
Essais de captage de jeunes stades d'algues marines sur supports de culture. 1ère étape : obtention et fixation des jeunes stades sur le support de culture. | 47 |
| 3 | ASENSI A., DELÉPINE R., LAMBERT C.,
L'HARDY-HALOS M-Th. & TORTEY A.
Approche pluridisciplinaire pour l'étude de l'algue carraghénophyte <i>Hypnea musciiformis</i> , en vue d'une meilleure valorisation. | 49 |
| 4 | BAILLIEZ C., LARGEAU C., CASADEVALL E.
& BERKALOFF C.
Immobilisation dans des mousses de polyuréthane de l'algue riche en hydrocarbures <i>Botryococcus braunii</i> . | 53 |
| 5 | BALANSARD G., PELLÉGRINI M., CAVALLI C.,
TIMON-DAVID P. & GASQUET G.
Etude botanique et pharmacologique de trois algues à potentialités antiparasitaires : <i>Alsidium helminthochorton</i> Kütz., <i>Jania rubens</i> Lamour. et <i>Corallina officinalis</i> L. | 55 |
| 6 | BÉCHU J-Y., POTOKY P., CHASSÉ C. & LE TRIVIDIC D.
Valorisation des algues marines en compostage. | 57 |
| 9 | BLAKE G., GAGNAIRE-MICHARD J., KIRASSIAN B.,
REBECQ J. & YASUDA T.
Accumulation du zinc chez <i>Typha latifolia</i> . | 61 |
| 10 | BLAKE G., MARTIN-BOYER M. & WITTENBERG M.
Epuraton des eaux de ruissellement de chaussée par lagunage. | 65 |
| 11 | BLAKE G. & VUILLOT M.
Choix des macrophytes dans un système d'épuration. | 67 |
| 12 | BODARD M. & STADLER T.
Réflexions sur les problèmes d'algoculture à partir d'une expérimentation sur <i>Gracilaria verrucosa</i> . | 71 |
| 13 | BOILLOT M., GIRARD P., AUBART C. & FAUCHILLE S.
Méthanol à partir de jacinthe d'eau. | 75 |
| 14 | BORIES A., BROUARD F. & SAUZE F.
Méthanisation de divers végétaux aquatiques. | 79 |

15	BOUTRY J-L. La diatomée marine <i>Chaetoceros calcitrans</i> Paulsen peut-elle aider l'homme à purifier la mer ?	83
16	BRAUD J-P., CHAUMONT D., GUDIN C., THÉPENIER C., CHASSIN P. & LEMAIRE C. Microalgues productrices de polysaccharides exocellulaires.	85
17	BRAULT D., BRIAND X. & GOLVEN P. Les marées vertes.	87
18	BRÉCHIGNAC F. & ANDRÉ M. Croissance et physiologie d'une macroalgue d'intérêt industriel (<i>Chondrus crispus</i>) analysées par la mesure en continu des échanges gazeux.	91
19	BRECKMANN F., LARGEAU C., CASADEVALL E. & BERKALOFF C. Influence de la nutrition azotée sur la croissance et la production d'hydrocarbures de <i>Botryococcus braunii</i> .	95
20	BROUARD F. & BORIES A. Dégradation des constituants cellulaires en phase acidogène lors de la digestion anaérobie de la biomasse végétale aquatique.	99
21	BULARD C., CHAUMONT D., GUDIN C. & MARY J. Production de bêtaïnes par culture de cellules de <i>Myrtillocactus</i> . Passage de l'hétérotrophie à l'autotrophie avec des cultures de cellules d' <i>Asparagus</i> .	103
22	CASADEVALL E., METZGER P., LARGEAU C. & COUTÉ A. Etude analytique de souches sauvages de <i>Botryococcus braunii</i> : nature des hydrocarbures.	107
23	CHALET M., VIGNAUD M., CAPORICCIO B., BRAUN M., CODOMIER L., TESTE J. & CATAYÉE G. Propriétés biologiques d'une substance polysaccharidique sulfatée (armatan) isolée à partir de <i>Asparagopsis armata</i> Harv. (Rhodophycée Bonnemaisoniale).	111
24	CHASSANY DE CASABIANCA M-L. Production de macrophytes et épuration. Incidence de la récolte - en milieu lagunaire eutrophisé avec <i>Ulva lactuca</i> - sur eaux résiduaires avec <i>Eichhornia crassipes</i> .	115

25	CHASSÉ C. & KERAMBRUN L. Le champ d'algues breton et son potentiel économique : répartition, espèces, biomasses et production.	119
26	CHAUMONT D., DELÉPINE R., GUDIN C. & ASENSI A. Bioconversion de l'énergie par <i>Spirulina maxima</i> en culture continue.	123
27	CHRISTIAEN D. & MORVAN H. Biochimie et Physiologie de la production d'agar chez <i>Gracilaria verrucosa</i> .	125
28	CLOSTERMANN M. Cultures de spirulines en milieu tropical marin.	131
29	COOPER G. Réimplantation de <i>Posidonia oceanica</i> .	133
31	DESTOMBE C. Approche des méthodes de sélection chez quelques Rhodophycées cultivées.	135
32	ELMALEH S., ALGAMAR K., GRASMICK A. & BEN AIM R. Méthanisation des microphytes d'épuration par filtration anaérobie.	141
33	FOURCY A. & DUMONT M. Culture de jacinthe d'eau sur bassin d'eau réchauffée par des calories perdues : valorisation par méthanisation.	145
34	GERMAIN P. & MASSON M. Les algues en radioécologie marine.	149
35	GIRAUD G. Réalisation de cultures de Fucales à partir de régénérations obtenues <i>in vitro</i> en vue de l'expérimentation.	151
36	GROS C. & KNOEPFFLER-PÉGUY M. Croissance comparée de <i>Cystoseira barbata</i> (Good. et Woodw.) Ag. (Fucales) cultivée dans deux milieux naturels.	153

37	HARDSTEDT-ROMÉO M. & GNASSIA-BARELLI M. Effet du cuivre, du cadmium et du mercure sur des cultures mono-et plurispécifiques du phytoplancton marin.	157
38	HUBAC J-M., HUBAC C. & GORENFLOT R. Transpiration journalière, distribution géogra- phique et polyploïdie chez le roseau, <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	161
39	KNOEPFFLER-PÉGUY M. & GROS C. Cultures expérimentales d'une alginophyte de Méditerranée : <i>Cystoseira barbata</i> (Fucales).	165
40	LAMBERT C., LE ROMANCER M., TRÉGAROT E. & DELÉPINE R. Les grandes Phéophycées d'intérêt économique aux iles Kerguelen.	169
41	LECLERC J-C. & COUTÉ A. Adaptations photosynthétiques d'une algue de mares situées en sous-bois : <i>Chlorobotrys</i> sp. (Xanthophycées).	173
42	LEFEBVRE C. Un fertilisant foliaire extrait d'algues brunes.	177
43	LEVAVASSEUR G. & DION P. Stratégie de production <i>in situ</i> d'une Rhodophycée source potentielle de protéines : <i>Palmaria palmata</i> (L.) O. Kuntze.	181
44	LIBES M., PLANTE-CUNY M-R. & BOUDOURESQUE C-F. Relation entre la productivité et l'éclairement chez <i>Posidonia oceanica</i> : données préliminaires.	185
46	MOLLION J. Expériences de culture d'algues à carraghénanes en Corse.	189
47	MOUGIN E. Utilisation des végétaux aquatiques flottants dans l'épuration tertiaire des eaux usées domestiques.	195
48	NEVEUX J. & JUPIN H. Fluorescence et productivité du phytoplancton.	197

49	NICOD F., DELÉPINE R., VAQUETTE J. & CHAUMONT J-P. Activités antibactériennes et antifongiques d'algues marines subantarctiques et méditerranéennes.	201
50	PESANDO D. & CARAM B. Etude des propriétés antibactériennes et anti- fongiques de quelques algues marines de la côte des Alpes Maritimes.	205
51	PESANDO D., GNASSIA-BARELLI M., GUEHO E., RINAUDO M. & DEFAYE J. Propriétés antifongiques de certaines algues planctoniques. Caractérisation d'un antifongique spécifique isolé à partir d'une diatomée marine : <i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs.	207
52	PIOVETTI L., COMBAUT G., CODOMIER L., TESTE J., KABORÉ S.A., VIDAL J-P., GIRARD J-P., CATAYÉE G., CHALET M. & VIGNAUD M. Contribution à l'étude chimique de la Rhodophycée <i>Rissoella verruculosa</i> .	211
53	de REVIERS B. & KLOAREG B. Etude chimique et physico-chimique de fucoïdanes extraits de <i>Pelvetia canaliculata</i> , <i>Fucus spiralis</i> , <i>Fucus serratus</i> , <i>Ascophyllum nodosum</i> , <i>Bifurcaria</i> <i>bifurcata</i> et <i>Laminaria saccharina</i> .	215
54	ROBIN J-H. Production et utilisation des algues unicellulaires pour l'aquaculture marine au centre océanologique de Bretagne.	219
56	SAUZE F. Cultures expérimentales de jacinthe d'eau en vue de la production de biomasse et de la dépollution.	223
59	THUOT M. Valorisation de la châtaigne d'eau (<i>Trapa natans</i>). Première évaluation de la production naturelle en Dombes.	227
61	YVIN J-C, CHEVOLOT L. & SALEÛN J-P. Etude biochimique et pharmacologique d'une Rhodophycée <i>Delesseria sanguinea</i> (Linné) Lamouroux.	231

TABLES RONDES

A1	- Potentiel biologique. Stocks. Inventaires	237
A2	- Techniques de récolte. Techniques de culture en laboratoire et <i>in situ</i>	239
A3	- Substances colloïdales. Protéines. Farines d'algues	241
A4	- Substances biologiquement actives	245
A5	- Energie (méthanisation, production d'hydrocarbures...)	251
A6-1	- Arômes et colorants	255
A6-2	- Radioéléments et végétaux aquatiques	258
B1	- Formation et recrutement des spécialistes. Vulgarisation et transfert des connaissances	259
B2	- Amélioration des rendements (influence des facteurs de production)	263
B3	- Amélioration des rendements (cycles de vie et variabilité génétique)	267
B4	- Pollution des végétaux. Epuraton des eaux par les végétaux	271
B5-1	- Introduction d'espèces non indigènes	275
B5-2	- Conservation et aménagement du milieu	277
B6	- Economie en relation avec les choix scientifiques et techniques	279
C1	- Relations bactéries - végétaux	283
C2	- Macroalgues	285
C3	- Microphytes marins	287
C4	- Phanérogames marines	289
C5-C6	- Macrophytes et microphytes d'eau douce	293

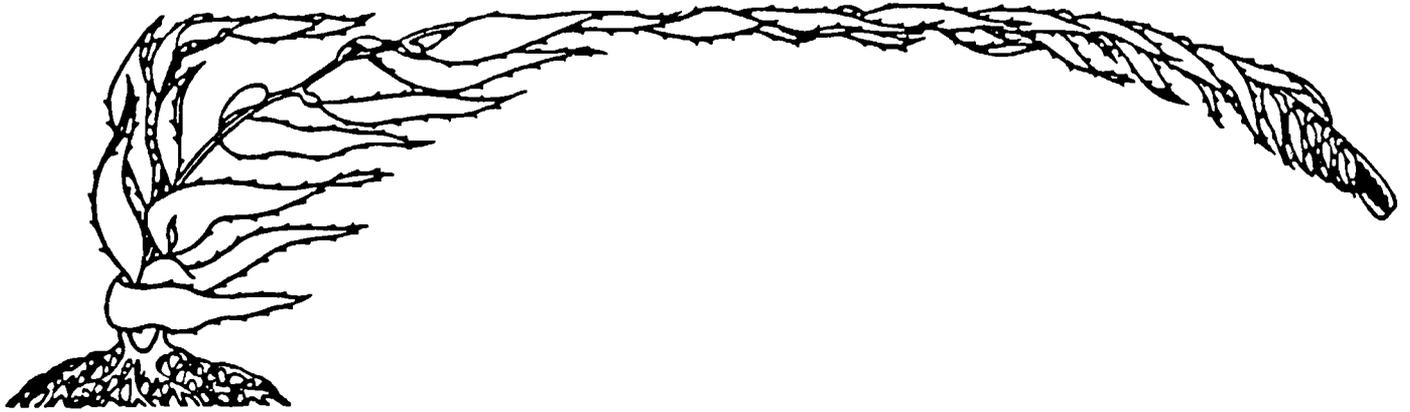
INDEX

Mots-clés des communications affichées	297
Auteurs de communications affichées et rapporteurs de tables rondes	299
Communications affichées avec leurs mots-clés	301
Tables rondes avec les noms de leurs rapporteurs	307
RÉPERTOIRE VALVA	309
Adresses des personnes intéressées par la valorisation des végétaux aquatiques	311
Activités des personnes intéressées par la valorisation des végétaux aquatiques	327
Analyse des données du répertoire	335

SIGLES ET ACRONYMES

AEE	Agence pour les économies d'énergie
AFBSN	Agence financière Bassin Seine/Normandie
AFL	Association française de limnologie
AFME	Agence française pour la maîtrise de l'énergie
AFNOR	Association française de normalisation
ANVAR	Agence nationale de la valorisation de la recherche
ARBS	Association pour la recherche en bioénergie solaire
ATP	Action thématique programmée
CEA	Commissariat à l'énergie atomique
CECA	Société d'exploitation des algues ("Carbonisation et charbons actifs") devenus Méro-Rousselot-Satia
CEMAGREF	Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et forêts
CEN	Centre d'études nucléaires
CEOBM	Centre d'étude océanographique et biologie marine
CERMAV	Centre d'études et de recherches sur les macromolécules végétales
CEROV	Centre d'étude et de recherche océanographique Villefranche-sur-Mer
CETE	Centre d'études techniques de l'équipement
CEVA	Centre d'études et de valorisation des algues
CFP	Compagnie française des pétroles
CMI	Concentration minimale inhibitrice
CNEXO	Centre national pour l'exploitation des océans
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
COB	Centre océanologique de Bretagne
COMES	Commissariat à l'Energie Solaire
CREMA	Centre recherche écologie marine et aquaculture
CREUFOP	Centre régional universitaire de formation permanente
DAA	Diplôme d'agronomie appliquée
DEA	Diplôme d'études approfondies
DESS	Diplôme d'études supérieures spécialisées
DOM-TOM	Départements et Territoires d'outre-mer
EDF	Electricité de France
EMC/SCPA	Entreprise minière et chimique/Société commerciale des potasses et de l'azote
ENSCP	Ecole nationale supérieure de chimie de Paris
GIS	Groupement d'intérêt scientifique
GRECO	Groupe de recherches coordonnées
IAA	Industries agro-alimentaires
ICO	Interactions continents/océans
IFP	Institut français du pétrole
IFREMER	Institut français de recherches pour l'exploitation de la mer
INRA	Institut national de la recherche agronomique
INSERM	Institut français de la santé et de la recherche médicale

INTECMER (ou INTM)	Institut national des techniques de la mer (Conservatoire national des arts et métiers)
IRCHA	Institut national recherche chimie appliquée
IRH	Institut de recherches hydrologiques
ISTPM	Institut scientifique et technique des pêches maritimes
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
MIZEX	Marginal Ice Zone Experiment
ORSTOM	Office recherche scientifique et technique pour la coopération outre-mer
PIROCEAN	Programme interdisciplinaire de recherches océanographiques
PIRSEM	Programme interdisciplinaire de recherches sur les sciences pour l'énergie et les matières premières
PVD	Pays en voie de développement
RNO	Réseau national d'observation de la qualité du milieu marin
SATESE	Service d'aide technique et d'exploitation des stations d'épuration
SHOM	Service hydrographique et océanographique de la marine
SLEE	Société lyonnaise des eaux et de l'éclairage
SOBALG	Société bretonne des algues
SRAE	Service régional de l'aménagement des eaux
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture



PRESENTATION SYNTHETIQUE

Après une introduction rappelant l'organisation et les principaux objectifs du colloque, les conclusions sont exposées en deux parties :

- un résumé thématique qui indique les principaux points ayant émergé au cours des discussions tant pour le bilan des activités que pour les actions à envisager,
- une synthèse générale des travaux du colloque et des perspectives qu'il a suggérées.

Cette double approche, analytique et synthétique, permet d'une part, de bien mettre en évidence et de retrouver facilement les points importants pour chaque thème - correspondant en fait à une table-ronde - et, d'autre part, de présenter succinctement les idées essentielles et l'apport du colloque VALVA.

INTRODUCTION

Le colloque VALVA (Valorisation des Végétaux Aquatiques) organisé à l'initiative des ministères de la Recherche et de l'Industrie, de la Mer, de l'Environnement, et des organismes publics A F M E , C N E X O , C N R S , s'est tenu du 16 au 19 novembre 1982 à Bombannes (Gironde).

Il se situe à une période où l'intérêt porté à l'environnement et aux ressources naturelles ne fait que s'accroître. Dans le domaine marin, la France a une bonne position internationale pour l'exploitation et la commercialisation des algues et de leurs produits, mais la concurrence devient de plus en plus sévère ; si les recherches fondamentales sont d'un niveau élevé, elles restent dispersées et peu liées aux aspects de valorisation. Pour les végétaux dulçaquicoles, les recherches sont aussi développées, mais là encore elles ne débouchent pas assez sur des applications, la tradition française en ce domaine y étant d'ailleurs peu propice.

Aussi, l'objet de ce colloque était-il de faire le point des travaux engagés au cours de la dernière décennie dans le domaine des végétaux aquatiques et de préciser les principales directions d'études à court, moyen et long termes.

Il nous a permis de mieux cerner les différents aspects des problèmes. En effet, cent soixante participants ont assisté au colloque, parmi lesquels des chercheurs, des enseignants-chercheurs, mais aussi des industriels, des responsables de bureaux d'étude, des élus locaux, etc. Un effort tout particulier a été fait en faveur des jeunes qui, venus nombreux, ont pu faire connaître leur point de vue, tout en prenant conscience des problèmes qu'ils devront affronter.

Chacun des six ministères ou organismes publics initiateurs du colloque a présenté des actions engagées au titre de la valorisation des végétaux aquatiques dans son domaine.

Une exposition permanente de soixante communications affichées a permis d'illustrer de nombreuses questions posées par cette valorisation, liées aux connaissances scientifiques de base, aux connaissances technologiques, économiques, éducatives, etc.

Les réflexions en petits groupes comprenant décideurs, chercheurs, exploitants, industriels, etc. ont été menées au cours de dix-huit tables rondes où chaque thème a été abordé avec le souci de dégager des plans d'action.

De plus, les synthèses ont été éditées au jour le jour et ont pu ainsi être soumises, "en temps réel", à discussion en séances plénières.

Une des premières conséquences du colloque a été de permettre la publication dès 1983, d'un dossier "Les végétaux aquatiques" de la revue BIOMASSE ACTUALITES illustrant les principaux thèmes discutés et constituant un premier ouvrage de synthèse.

Par ailleurs, ce colloque a aidé à l'élaboration du plan à moyen terme de l'IFREMER, à la création d'un groupe de travail sur *Sargassum muticum* et à la décision d'organiser un symposium sur les Posidonies. Il a aussi contribué à approfondir les réflexions sur les deux actions thématiques programmées : "Connaissance des algues" et "Bases biologiques de l'aquaculture".

Parallèlement, un répertoire comprenant les noms et les domaines d'activités des diverses personnes intéressées par la valorisation des végétaux aquatiques a été dressé.

Des contingences matérielles n'ont pas permis de publier plus tôt l'ensemble des Actes du Colloque ; les réflexions qui ont pu être faites à cette occasion gardent cependant aujourd'hui toute leur originalité. Elles ont servi au groupe de travail réuni à l'initiative du Secrétariat d'Etat à la Mer pour établir le document "Stratégie pour l'Algologie". La publication de ces documents constitue donc un ensemble donnant une vision générale des réflexions menées depuis plusieurs années. Il faut bien souligner qu'il reste à élaborer une telle stratégie pour les végétaux d'eau douce. Le colloque VALVA aura alors complètement rempli sa mission.

RÉSUMÉ THÉMATIQUE

Les codes mis entre parenthèses correspondent aux différentes tables rondes

POTENTIEL BIOLOGIQUE - STOCKS - INVENTAIRES (A1)

- BILAN Un inventaire méthodique et rationnel reste à faire malgré diverses réalisations sur des points particuliers.
- PROSPECTIVE
- 1 - Etablissement de documents successifs qualitatifs et quantitatifs avec priorité à certains secteurs (télédétection)
 - 2 - Nouveaux points côtiers du réseau national d'observation de la qualité du milieu marin,
 - 3 - Création d'une banque nationale de données
 - 4 - Rédaction d'ouvrages de synthèse sur travaux systématiques à l'échelle européenne.

TECHNIQUES DE RECOLTE - TECHNIQUES DE CULTURES EN LABORATOIRE ET IN SITU (A2)

- BILAN De nombreuses réalisations dispersées sur le territoire national, tant pour les microalgues et les macroalgues que pour les macrophytes d'eau douce, mais surtout au niveau du laboratoire.
- PROSPECTIVE
- 1 - Identification et quantification des besoins (industriels, entre autres).
 - 2 - Approfondissement de la connaissance des gisements naturels et des potentialités.
 - 3 - En fonction des points précédents, analyse des types d'exploitation les mieux adaptés (cueillette, bacs, in situ ...).
 - 4 - Pour les cultures, maîtrise des paramètres écophysologiques, des cycles de vie, de la sélection.
 - 5 - Etude des problèmes liés aux sites d'exploitation et à la juridiction.
 - 6 - Mécanisation des récoltes (zones de coupe des stipes de Laminaires, en vue d'une meilleure valorisation de biomasse non ou peu exploitée).
 - 7 - Exemple de réalisations pratiques dans un Centre d'Algologie Appliquée (Pleubian).

SUBSTANCES COLLOIDALES - PROTEINES - FARINES D'ALGUES (A3)

- BILAN
- 1 - Pour les phycocolloïdes, début des recherches en 1950, puis période des pionniers 1960-1975.
 - 2 - Pour les farines, pas de développement important depuis 1920.
 - 3 - Pour les protéines, seulement une étude approfondie des spirulines.
 - 4 - Actuellement de quinze à vingt équipes portent un intérêt à l'un des trois thèmes ci-dessus.

- PROSPECTIVE 1 - Développer les recherches d'amont (domaine où les connaissances fondamentales sont encore réduites).
- 2 - Amélioration des technologies d'extraction et de préparation des phycocolloïdes.
- 3 - Diversification des applications des phycocolloïdes déjà commercialisés (matières premières différentes, effets de synergie...).
- 4 - Valorisation de nouveaux produits (sous-produits actuels comme fucoïdane, acides aminés, protéines ...).
- 5 - Promotion de l'aquaculture de *Porphyra* indigène à usage alimentaire.

SUBSTANCES BIOLOGIQUEMENT ACTIVES (A4)

- BILAN 1 - En médecine humaine ou vétérinaire, une dizaine de spécialités.
- 2 - En thalassothérapie et cosmétologie, utilisation empirique par plusieurs centres mais mécanisme d'action à élucider.
- 3 - En alimentation et en diététique. Alors que longue tradition au plan mondial et progrès en Orient, cette utilisation est en recul en Occident.
- 4 - Dans les secteurs agricoles et aquacoles, utilisation comme engrais ou extraits.
- 5 - En fait, peu de molécules à activité reconnue sont isolées des algues (manque d'usages empiriques, difficulté des triages pharmacologiques, problème de reproductibilité, recherches récentes).

- PROSPECTIVE 1 - Dans les quatre types précédents, de nouvelles utilisations sont possibles (composés à activités antibactériennes, antifongiques, antitumorales, antihelminthiques, anticoagulantes, neurotoxiques/vecteurs de substances actives/importance et rôle des oligoéléments et de diverses substances à propriétés pharmacologiques/substances antibiotiques, insecticides).
- 2 - Souhait d'une structure pluridisciplinaire pour décroïsonner les recherches entre biologistes, chimistes, pharmacologues, médecins agronomes).
- 3 - Sensibilisation des groupes industriels à ces études avec le problème du triage.

ENERGIE (METHANISATION, PRODUCTION D'HYDROCARBURES ...) (A5)

- BILAN 1 - Alors que la vocation des végétaux aquatiques est prioritairement la fabrication des produits à haute valeur marchande, il peut exister une valorisation énergétique dans certaines conditions : épuration de matières polluantes en grande quantité, exploitation de situations industrielles par exemple la récupération de calories, valorisation de zones humides, bioconversion directe de l'énergie sur cultures circulantes ou fixées.
- Rôle récent de l'AFME sur les différents thèmes de ressources, récoltes, méthanisation, combustion ou thermochimie, conditionnement-pré-traitement, bilan économique et énergétique, bioconversion directe.

- PROSPECTIVE 1 - Expérimentations *in situ* pour l'ensemble d'une filière en fonction des conditions locales particulières liées aux quantités de ressources, aux modes de récolte, aux pré-traitements et à l'utilisation.
- 2 - Etude particulière de différentes formes de pré-traitements (mécaniques comme broyage, pressage ..., chimiques, enzymatiques...).
- 3 - Etude particulière de la méthanisation (influence des basses températures et de l'apport d'algues dans des mélanges).
- 4 - Valorisation des sous-produits (déchets de digestion, cendres).
- 5 - Bioconversion directe (conception de réacteurs en fonction des algues étudiées, techniques d'immobilisation, connaissance et orientation du métabolisme).
- 6 - Améliorer nos connaissances générales par des recherches d'amont sur le matériel biologique (génétique, cycles de vie).

AROMES ET COLORANTS (A6-1)

- BILAN 1 - Marché en expansion lié au développement des industries agro-alimentaires, à l'alimentation animale, à l'utilisation de colorants dans l'industrie pharmaceutique ou cosmétologique.
- 2 - Actuellement peu de réalisations pratiques (Spirulines pour colorants bleus, Fucus pour arômes, condiments ...).
- PROSPECTIVE 1 - Devenir potentiel intéressant avec deux types de stratégies (partir d'un besoin du marché et extraire la molécule ou fabriquer un produit nouveau en créant son marché).
- 2 - Nécessité d'une analyse fine des végétaux marins pour établir un bilan et cela par des laboratoires de recherche fondamentale (rôle incitatif des pouvoirs publics).
- 3 - Analyse approfondie des filières d'extraction tenant compte des conditions techniques et économiques pour le lancement de programmes appliqués.

RADIOELEMENTS ET VEGETAUX AQUATIQUES (A6-2)

- BILAN 1 - Il est bien connu que ces végétaux ont un pouvoir de concentration par rapport au milieu ambiant de tous les constituants y compris des radionucléides, d'où divers problèmes à étudier.
- 2 - Les études en sont à leur début.
- 3 - Utilisation comme traceurs métaboliques.
- PROSPECTIVE 1 - Réalisation d'un état géographique de ces bio-indicateurs pour les différents éléments.
- 2 - Analyse des voies métaboliques d'utilisation de ces éléments en fonction de paramètres extrinsèques (nature des sources, qualités physico-chimiques des radioéléments) et de paramètres intrinsèques (liés aux caractéristiques morphologiques ou phylogéniques) du matériel biologique.
- 3 - Tenir compte de la position de maillons intermédiaires dans les chaînes trophiques vers l'homme que représentent les végétaux marins (engrais, produits de transformation).
- 4 - Analyse des problèmes liés à l'épuration moléculaire sélective de certains produits.
- 5 - Ces problèmes sont à envisager avec les accumulations d'éléments non radio-actifs.

FORMATION ET RECRUTEMENT DES SPECIALISTES - VULGARISATION ET TRANSFERT DES CONNAISSANCES (B1)

- BILAN**
- 1 - Formation au niveau 3ème cycle (5e et 6e années d'université)
Un DEA d'Algologie plus des options dans une demi-douzaine d'autres spécialisations.
 - 2 - Formation au niveau Maîtrise (3e et 4e années d'université) :
Une demi-douzaine d'enseignements incluant des stages en stations marines ; enseignements de base sur les végétaux marins dans le cursus normal ; module d'enseignement sur la valorisation des végétaux aquatiques en Maîtrise de Science et Technique.
 - 3 - Débouchés existants pour les spécialistes :
Pour tous organismes publics ou privés confondus (CNRS, INTM Cherbourg, IFREMER, CEVA Pleubian, etc.) au maximum dix emplois au cours des cinq dernières années.
- PROSPECTIVE**
- 1 - Développement de centres "viviers". Des demandes de spécialistes sont souvent ponctuelles, limitées dans le temps, pour des expertises biologiques, biochimiques, technologiques et, bien sûr, taxonomiques.
 - 2 - Développer le contact avec les industries qui malheureusement n'envisagent pas d'engager de jeunes chercheurs sur des postes fixes
 - 3 - Le développement de la recherche fondamentale pourrait, à moyen terme, permettre une meilleure valorisation.
 - 4 - La formation permanente devrait être développée pour augmenter les possibilités d'échanges entre différents niveaux.
 - 5 - Le développement d'un petit nombre de centres sur des sites particuliers doit faciliter les points ci-dessus.
 - 6 - Séances d'information annuelles par thèmes pour information sur les recherches en cours dans diverses directions.

AMELIORATION DES RENDEMENTS (INFLUENCE DES FACTEURS DE PRODUCTION) (B2)

- BILAN**
- Outre l'influence des caractéristiques génétiques des espèces, il est à noter que la composition chimique et l'aptitude à synthétiser divers produits par ces organismes sont aussi influencés par les conditions de l'environnement.
- PROSPECTIVE**
- 1 - Recherches physiologiques d'amont (en particulier, carboxylation, photorespiration, nutrition minérale avec efficacité de la conversion photosynthétique, influence de la photopériode, de la température).
 - 2 - Considérer comme prioritaires un certain nombre d'espèces présentant un intérêt économique pour réaliser les études ci-dessus
 - 3 - Intérêt pour une bonne coordination des deux points ci-dessus d'une "structure charnière" entre fundamentalistes et chercheurs plus orientés vers des finalités. On souligne le rôle d'information, de réflexion et d'évaluation de ces structures à mettre en relation avec des centres d'expérimentation sur le terrain.

AMELIORATION DES RENDEMENTS (CYCLES DE VIE ET VARIABILITE GENETIQUE) (B3)

- BILAN**
- 1 - Il existe un grand nombre d'études sur des cycles de développement des macroalgues.
 - 2 - Les études génétiques restent par contre très insuffisantes.
- PROSPECTIVE**
- 1 - Maîtriser les réactions écophysiologiques des différentes étapes du développement pour les diverses générations de matériel biologique simultanément à l'étude de la variabilité existant au sein des populations naturelles.
 - 2 - Sélection et création d'individus à caractéristiques imposées.
 - 3 - Evaluation du potentiel des espèces non exploitées.
 - 4 - Collaboration étroite avec des spécialistes des végétaux supérieurs.

POLLUTION DES VEGETAUX - EPURATION DES EAUX PAR LES VEGETAUX (B4)

- BILAN**
- 1 - Un certain nombre de systèmes sont au stade du développement ou du pré-développement (lagunage à microphytes, à macrophytes fixés ...).
 - 2 - D'autres sont en expérimentation sur pilotes ou en laboratoire (cultures intensives de microphytes, de macrophytes flottants, lagunage pour effluents non domestiques ...).
 - 3 - Collaboration existant entre instituts, centres de recherche, universités, services techniques, (CEMAGREF, CNRS, INRA ...).
- PROSPECTIVE**
- 1 - Choix des espèces végétales :
- Pour les microphytes, il est intéressant de connaître la polluosensibilité (espèces sensibles comme indicateurs de pollution, espèces résistantes comme mieux adaptées à des traitements de dépollution) et cela pour rentabiliser au mieux les cultures intensives.
- Pour les macrophytes, un nombre réduit d'espèces sont seulement utilisables en fonction de différents facteurs (cycles biologiques et capacité de production, nature de l'effluent, complémentarité microphytes/macrophytes, conditions locales).
- Il est important de prévoir des études comparatives dans des conditions réelles d'exploitation pour les procédés intégrant les macrophytes.
- 2 - Analyse raisonnée pour le choix du système d'épuration. Il y a lieu de réfléchir au niveau de la conception des procédés (charges polluantes, conditions climatiques, sensibilité du milieu récepteur, intégration dans une filière de production et utilisation), aux créneaux d'utilisation des végétaux (possibilités réelles d'épuration, coûts économiques d'installation et de maintenance, point qui est particulièrement mal connu au niveau des macrophytes).
 - 3 - Possibilités de valorisation.
Les principaux objectifs peuvent être au niveau : de la nutrition (importance de la qualité sanitaire des sous-produits d'épuration), de fertilisants, de sources potentielles d'énergie.

INTRODUCTION D'ESPECES NON INDIGENES (B5-1)

- BILAN**
- 1 - Revue des espèces introduites, soit de longue date (*Asparagopsis*, *Colpomenia*, *Codium fragile* ...), ou plus récentes mais très agressives (*Sargassum*, *Undaria*, *Laminaria japonica*).
 - 2 - Constat d'une impossibilité d'éradiquer ces espèces lorsqu'elles sont implantées, malgré les graves nuisances causées à la pêche, la navigation, la conchyliculture.
- PROSPECTIVE**
- 1 - Rechercher les modalités d'éradication partielle pour *Undaria* et *L. japonica* (étude sur résistance des algues à certains facteurs comme dessiccation, non préjudiciable aux exploitations économiques actuelles).
 - 2 - Faire un effort tout particulier sur *Sargassum muticum* grâce à la création d'un groupe de travail (extension de l'algue, effets sur écosystème naturel, possibilité de valorisation, propositions aux pouvoirs publics ...).

CONSERVATION ET AMENAGEMENT DU MILIEU (B5-2)

- BILAN**
- 1 - Les activités humaines ne sont pas neutres par rapport au milieu et peuvent porter atteinte à des secteurs d'activités (tourisme/pêche) ou à la qualité des ressources naturelles (plaisance/herbiers).
 - 2 - Les effets des aménagements sont observés globalement avec manque de précisions sur l'influence des divers facteurs pris isolément.
 - 3 - La protection du domaine immergé l'est actuellement pour quatre zones (Port-Cros, Scandola, Banyuls, Kerguelen) auxquelles il faut ajouter des activités de certains organismes ou groupements (Conservatoire du Littoral).
- PROSPECTIVE**
- 1 - Cartographie quantitative et qualitative des biocénoses aquatiques (échelles égales ou supérieures à 1,25/1000).
 - 2 - Meilleure connaissance du fonctionnement des écosystèmes avec analyse particulière des synergies.
 - 3 - Coordination des différents budgets pour études d'impacts permettant une meilleure rentabilisation des études et une modélisation plus fiable des interactions aménagement-impact.
 - 4 - Analyse des problèmes liés aux récifs artificiels qui augmentent les biomasses algales et animales, mais la connaissance des conséquences sur les transits sédimentaires doit être améliorée.
 - 5 - Etude des problèmes posés par l'exploitation de végétaux introduits pour l'épuration des eaux (jacinthe d'eau) ou accidentellement introduits (algues dans les étangs du Languedoc).

ECONOMIE EN RELATION AVEC LES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES (B6)

- BILAN**
- Malgré l'importance du thème, peu de travaux existent (marché des algines, filières algues en Bretagne).
- PROSPECTIVE**
- Analyser les facteurs de blocage et les facteurs de développement conditionnant l'avenir à court ou moyen terme, tant au niveau de la filière algues complète que pour différents types de production (utilisation directe, phycocolloïdes, production d'énergie).

RELATIONS BACTERIES/VEGETAUX (C1)

- BILAN** Actuellement les connaissances sont essentiellement théoriques et en sont même à leur balbutiement pour les relations bactéries/macroalgues.
- Bactéries/microphytes : nombreuses relations multiples et bilatérales (échanges vitamines, produits antagonistes, augmentation photosynthèse par minéralisation des bactéries, compétition pour sels nutritifs, prise en compte de la biomasse bactérienne dans l'exploitation ...).
- Bactéries/macrophytes : cultures axéniques bien différentes des cultures avec bactéries. Dans les premiers stades de colonisation, le film bactérien précède toujours celui des algues.

- PROSPECTIVE**
- 1 - Microphytes :
 - a) analyser les phénomènes précis d'interaction avec approche plus expérimentale.
 - b) augmenter la connaissance des systèmes naturels hautement protectifs pour modélisation.
 - 2 - Macrophytes :
 - description des associations dans la nature et aborder la recherche des mécanismes d'action.
 - 3 - Dans tous les cas, augmenter les contacts de travail entre les bactériologistes et les autres.

MACROALGUES (C2)

BILAN Importance des actions à entreprendre.

- PROSPECTIVE**
- 1 - Inventaire méthodique et rationnel des ressources.
 - 2 - Création d'un groupe de travail sur espèces non indigènes à prolifération rapide.
 - 3 - Effort de recherche sur espèces déjà exploitées, inventaire et gestion des stocks, rentabilisation des méthodes de récolte, amélioration des techniques de transformation, valorisation des sous-produits industriels, diversification des applications des phycocolloïdes.
 - 4 - Un examen approfondi des possibilités de valorisation des espèces non exploitées (difficultés de récolte, insuffisance des stocks), en particulier avec le potentiel de substances biologiquement actives phycocolloïdes ..., et l'aspect socio-économique.
 - 5 - Développement des cultures d'espèces productives de phycocolloïdes.
 - 6 - Approfondissement des connaissances biologiques et génétiques.
 - 7 - Moyens à mettre en oeuvre : effort des pouvoirs publics pour crédits, recrutement, enseignement ; développement d'un Centre d'Algologie Appliquée ; structure souple pluridisciplinaire de coordination scientifique et administrative.

MICROPHYTES MARINS (C3)

BILAN Caractéristiques de croissance et de composition originales justifiant effort de recherche et valorisation.

- PROSPECTIVE 1 - Surveillance et amélioration des qualités nutritives d'algues exploitées actuellement en aquaculture dans écloseseries.
- 2 - Analyse des caractéristiques des réponses à différents polluants (espèces sensibles pour tests toxicité, espèces résistantes indicatrices pollution, espèces accumulatrices de produits toxiques).
- 3 - Epuration des eaux marines ou lagunaires en vue de synthèse de produits exploitables (glycérol, protéines ...).
- 4 - Physiologie des dinoflagellés et autres groupes responsables de nuisances et toxicité dans l'environnement marin.
- 5 - Isolement de nouvelles espèces (en particulier les microphytes benthiques) et problème de conservation des souches.

PHANEROGAMES MARINES (C4)

BILAN Importance de cet écosystème et nécessité de valorisation des fonds.

- PROSPECTIVE 1 - Evaluation des biomasses réalisées et de la production primaire incluant les épiphytes.
- 2 - Evaluation des stocks (cartographie et banquettes de feuilles mortes).
- 3 - Analyse du fonctionnement et de la dynamique des systèmes pour comprendre les causes réelles des régressions observées.
- 4 - Poursuite des techniques de ré-implantation avec analyse des mécanismes mis en jeu.
- 5 - Etude économique d'une filière concernant les produits susceptibles d'être extraits de feuilles.
- 6 - Etude des problèmes liés à la sauvegarde des herbiers (impacts, ancrage, chalutage).
- 7 - Rôle des herbiers sur le contrôle des flux sédimentaires littoraux.

MACROPHYTES ET MICROPHYTES D'EAU DOUCE (C5-C6)

BILAN Grand intérêt économique en raison des nuisances et valorisation des milieux.

L'importance de la floristique, des cycles de croissance et de reproduction et des substances élaborées.

- PROSPECTIVE 1 - Généralisation des inventaires floristiques cartographiques des zones humides et estimation des stocks.
- 2 - Etablissement de catalogues (et de fiches techniques par variété) à but appliqué.
- 3 - Travaux fondamentaux sur les cycles, l'équilibre des écosystèmes.
- 4 - Recherche de filières économiques.
- 5 - Développement d'une gestion des milieux dulçaquicoles.
- 6 - Développement du transfert des connaissances et des échanges d'informations.

SYNTHÈSE GÉNÉRALE

Le colloque a permis d'établir un bilan global des différentes actions déjà engagées ou en cours dans le domaine de la valorisation des végétaux aquatiques, de faire le recensement des acteurs responsables et de dégager certains thèmes prioritaires d'investigation.

Après une présentation des lignes d'orientation d'un programme général, quelques réflexions sont développées sur les points de blocage et les moyens à mettre en oeuvre.

LIGNES D'ORIENTATION DU PROGRAMME VALVA

Les thèmes prioritaires peuvent être regroupés en cinq ensembles :

- 1 - Les potentialités en ressources (Métropole + DOM/TOM)
 - . Gisements naturels, stocks (in situ, télédétection, évolution)
 - . Production dans les conditions naturelles (avec et sans exploitation)
 - . Fonctionnement des écosystèmes (interaction entre espèces)
- 2 - Les bases de l'amélioration de la production de biomasse
 - . Aspects indispensables de taxonomie et systématique
 - . Biologie et écophysiologie (cycles, facteurs du milieu, bioaccumulation)
 - . Génétique
 - . Phytopathologie
 - . Interaction entre les bactéries et les végétaux
- 3 - Les produits valorisables
 - . Identification, quantification des besoins industriels
 - . Amélioration des rendements par biochimie
 - . Valorisation des "sous-produits"
 - . Nouvelles directions de recherches
 - . Amélioration technologique (récoltes, extraction ...)

- 4 - Les végétaux aquatiques et l'environnement
 - . Influences des caractéristiques physico-chimiques
 - . Introduction des espèces non indigènes
 - . Protection du milieu, aménagements
- 5 - Les végétaux aquatiques et le tissu socio-économique
 - . Droit, Juridiction (exploitation, commercialisation)
 - . Occupation de l'espace et compétition entre activités
 - . Analyse socio-économique de filières complètes (pilotes ...)
 - . Relations avec consommateurs (protection, incitation)

CARACTERISTIQUES DES ACTIONS "VALVA"

Diversité des recherches

Les trois types classiquement connus de recherches sont représentés :

- Les recherches d'amont sont assurées surtout par le CNRS, les Universités et certains autres organismes. Elles présentent une grande diversité de thèmes et sont engagées sur de longues périodes, avec un potentiel humain constitué surtout de jeunes étudiants associés à des chercheurs confirmés ayant leurs propres directions d'investigation. Le financement de base est souvent réduit au minimum et les débutants ont peu de perspectives de recrutement.
- Les recherches appliquées correspondent souvent à des créneaux particuliers nécessitant une réponse rapide aux questions posées et sont soit décidées par programmes, soit imposées par les circonstances. Elles sont assurées généralement par de petites équipes qui doivent malheureusement disperser leurs efforts dans plusieurs directions. Le financement provient essentiellement des organismes spécialisés, soit à travers leurs propres chercheurs, soit par l'intermédiaire de contrats, souvent alloués aux Universités.
- Les recherches industrielles, quand elles existent, sont caractérisées par une excellente adéquation entre les acteurs et les problèmes à résoudre, qui souvent sont très précis et urgents mais conditionnés par une rentabilisation des investissements antérieurs. Ces particularités entraînent souvent des connaissances "de pointe", protégées par le secret. De plus, dans notre domaine, les industries à fort potentiel de recherche sont en nombre très limité.

Les programmes doivent évidemment respecter un bon équilibre entre ces trois types de recherche.

Diversité des organismes

De nombreux intervenants sont partie prenante : d'une part, les ministères compétents dans les secteurs de la Mer, l'Environnement, l'Industrie et la Recherche, l'Education Nationale, les DOM-TOM, l'Agriculture, la Décentralisation, l'Urbanisme, d'autre part, divers organismes spécialisés comme l'AFME, l'ANVAR, le CEMAGREF, le CNRS, l'IFREMER, l'INRA ...

Il devra exister un travail en commun de ces différents acteurs.

Dualité des domaines marin et dulçaquicole

Le colloque réunissait, pour la première fois, les acteurs nationaux travaillant dans le domaine marin et dans celui des eaux douces. Il existe un fossé entre ces deux ensembles : les recherches sont généralement assurées par des personnes ayant peu de contacts entre elles, souvent en raison de leur appartenance à différents organismes gestionnaires n'entretenant pas d'échanges réguliers. Par contre, certaines investigations ont beaucoup de points communs comme la biologie des microalgues, les relations entre bactéries et végétaux ou les techniques de mesure de la productivité.

Même si un changement radical n'est sans doute pas souhaitable, compte tenu de la tradition nationale, cet état de fait doit être amélioré de façon à mieux rentabiliser les découvertes faites dans chaque domaine en généralisant leur divulgation.

MOYENS A METTRE EN OEUVRE

Principes généraux

Deux types d'orientations doivent être préconisés, d'une part, des études sur un même matériel biologique et, d'autre part, des recherches sur divers aspects méthodologiques ou techniques utilisant des matériaux biologiques différents.

Par ailleurs, il est certain qu'il faut privilégier des programmes organisés autour de filières d'ensemble commençant à la production de la biomasse, et tenant compte de sa récolte et de son transport, jusqu'à sa transformation en produits finis qui doit assurer la valorisation la meilleure et la plus complète possible.

Dans les évaluations économiques, il convient de prendre en considération des paramètres encore trop souvent négligés comme le coût négatif des nuisances retirées ou les possibilités d'indépendance de notre pays au plan international. Ceci est particulièrement important pour les nouvelles filières qui peuvent constituer un gain sensible pour la société dans son ensemble alors que, compte tenu des circuits économiques et financiers, elles apparaissent comme inintéressantes à court terme pour l'individu ou l'industriel.

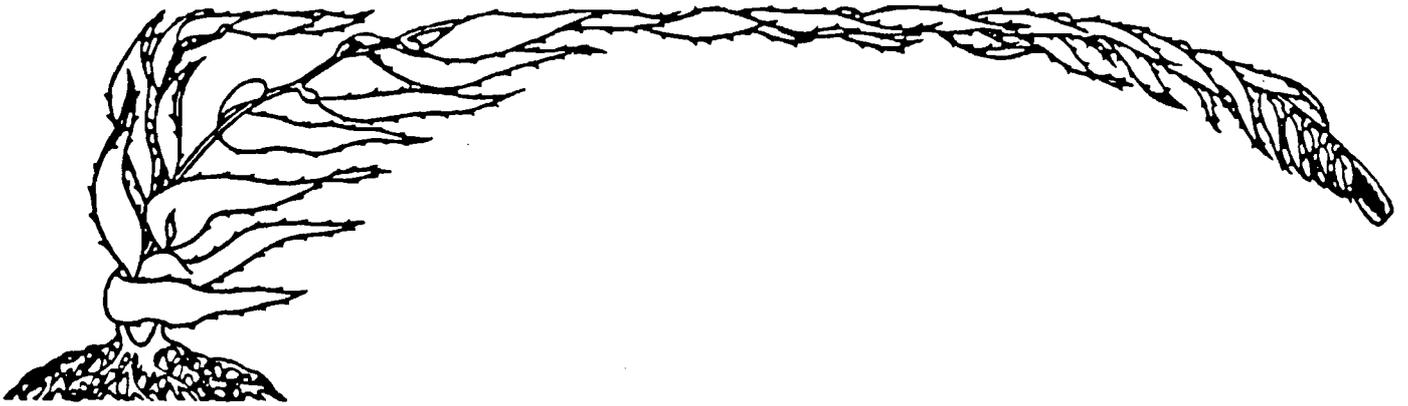
Modalités

Il convient donc d'envisager la création d'une structure légère de coordination permanente, réunissant périodiquement des représentants, d'une part, des ministères et organismes intéressés et, d'autre part, des équipes engagées dans la recherche. On connaît l'efficacité de telles structures de type "mission interministérielle" lorsqu'un objectif précis leur est assigné. Deux volets peuvent d'emblée être distingués relatifs aux recherches marines et aux recherches en eaux douces et saumâtres. Il serait ainsi possible d'aider la mise en place de recherches finalisées, car inscrites dans une problématique ou celle d'expérimentations en site réel, maillon faible de toute stratégie de développement dans notre pays.

On doit souligner l'importance de sites spécialisés (sur la façade atlantique, sur la façade méditerranéenne, pour les végétaux dulçaquicoles), lieu d'expérimentation, de formation, de rencontre et d'échanges entre les différents acteurs trouvant là un terrain donnant à leurs travaux une autre dimension. Il conviendrait que ces centres puissent bénéficier, d'une part, d'importants investissements pour des appareillages mis à la disposition d'équipes venant y effectuer leurs recherches et, d'autre part, de frais de missions permettant d'assurer les déplacements de ces équipes.

Alors que certaines activités nouvelles se créent au plan de l'exploitation industrielle, le recrutement de jeunes spécialistes de tout niveau reste quasi inexistant. Si ces conditions persistent, peu de développements sont prévisibles. Il convient donc qu'une politique de formation soit redéfinie et mise en place.

La diffusion et la discussion des résultats obtenus, ainsi que la réflexion sur de nouveaux thèmes, devraient se faire au cours de séminaires réunissant pendant 3 à 5 jours, à plein temps, les divers participants. Ces journées d'évaluation et de synthèse devront réunir les intervenants dans le domaine des végétaux aquatiques, afin de développer l'interpénétration des activités marines et dulçaquicoles. Deux ensembles, au moins, devront être organisés, d'une part, des exposés et communications affichées et, d'autre part, des synthèses collectives (dont les rédactions puissent être discutées en commun) portant autant sur les actions entreprises que celles à privilégier. Ces colloques pourraient se tenir selon un rythme triennal et assureraient ainsi une bonne diffusion des idées sans pour cela nécessiter des sessions trop longues ou trop rapprochées.



ACTIONS DES MINISTÈRES ET ORGANISMES
POUR LA
VALORISATION DES VÉGÉTAUX AQUATIQUES

Les différentes actions des ministères et organismes ont été exposées, en séances plénières, tout au long du colloque.

A l'occasion de son allocution d'ouverture, Monsieur J-C. HENNEQUIN a brossé un tableau général des actions du ministère de la Mer.

Les activités des autres ministères et organismes, dans le domaine de la valorisation des végétaux aquatiques, ont été présentées respectivement par :

- M. M. DUPRÉ pour le Ministère de l'Environnement
- M. P. ERNOULT pour le CNEXO
- Mme A-L. ÉTIENNE pour le CNRS-PIRSEM
- M. J-M. de LAMARE pour le Ministère de la Recherche
- M. P. LASSERRE pour le CNRS - PIROCEAN
- M. Ph. MORAND pour l'AFME .

Une partie des diverses interventions est présentée ici ainsi que deux exposés résumés de ces activités.

ALLOCUTION D'OUVERTURE

Jean-Claude HENNEQUIN, Conseiller Technique du Ministre de la Mer

C'est pour le ministère de la Mer un grand plaisir d'ouvrir le Colloque VALVA organisé sur le plan national pour la valorisation des algues et des végétaux aquatiques et regroupant à la fois des professionnels, des chercheurs du secteur privé et du secteur public et universitaire.

Il m'est donc agréable de vous transmettre les souhaits de Monsieur LE PENSEC afin que vos travaux connaissent la plus grande réussite, mais, comme l'a rappelé Monsieur DELÉPINE, je souligne que le ministère de la Mer n'est pas le seul organisateur de ce Congrès. Se sont joints à nous le ministère de l'Environnement, le ministère de la Recherche et de l'Industrie, ainsi que des organismes de recherche : le CNRS, l'AFME et le CNEXO notamment. C'est dire toute l'importance que revêt ce colloque.

Pour ma part, avant de vous parler des problèmes et des espoirs que porte la filière "ALGUES", je voudrais brièvement situer la position du ministère de la Mer face à la Recherche et à l'Innovation.

Cette position se résume en trois phrases :

- premièrement, l'innovation est dans le domaine maritime un moyen pour sortir des difficultés par le haut ;
- deuxièmement, le processus d'innovation est un processus qui nous concerne tous et non pas un droit réservé à certaines catégories privilégiées de personnes. Tous les acteurs de la vie maritime doivent fournir un effort collectif d'imagination ;
- enfin, pour favoriser ce mouvement d'innovation, le ministère de la Mer s'est efforcé de soutenir des initiatives innovatrices. Je reviendrai concrètement sur ce point tout à l'heure.

°
°

Les algues posent a priori deux problèmes, qui pourraient à première vue paraître contradictoires. Elles sont à la fois cause de nuisance et source de richesse.

Comme nuisance, je citerai trois exemples :

- d'abord la marée verte de la baie de Saint-Brieuc résultant de la prolifération anarchique des algues vertes et qui a posé de graves problèmes à la région ;

- puis l'invasion des eaux de la Manche par la *Sargasse*, une algue japonaise, introduite par hasard, sans doute avec le naissain d'huître ;
- enfin la dévastation en deux jours, les 20 et 21 juillet 1982, d'un grand nombre d'animaux marins en baie de Vilaine par une explosion exceptionnelle de la végétation algale unicellulaire provoquant une désoxygénation des eaux.

Ces pollutions, par prolifération algale, résultent le plus souvent du phénomène d'eutrophisation lié à un enrichissement des eaux en sels minéraux venant des amendements terrestres très difficile à maîtriser sur le plan technologique et de la réponse spécifique de l'environnement marin à ce phénomène. Ce dernier point encore mal connu demande des études approfondies. C'est pourquoi, pour obtenir des informations scientifiques, dans le cas du problème de la baie de Vilaine, le ministère de la Mer a jugé nécessaire la mise en place d'une Commission de Travail Quadripartite destinée à en analyser les causes et à étudier les solutions les plus appropriées pour en supprimer les effets.

Mais une autre solution aux problèmes de pollution engendrés par la prolifération anarchique des algues peut être la valorisation même de ces algues. C'est une action de ce type que soutient le ministère de la Mer pour résoudre le problème de la marée verte de la Baie de Saint-Brieuc. Une association loi 1901 a été créée, en vue de la création d'un centre d'algologie à PLEUBIAN ; elle comprend notamment des élus locaux et des industriels de la région ; elle est aidée par un Comité Scientifique. Quelques emplois nouveaux ont pu être créés et le travail effectué dès cet été a d'ores et déjà montré que ces algues peuvent servir au compostage.

Bien plus connue du grand public que les nuisances apportées par les algues est leur richesse.

Si, au Japon et en Chine, elles constituent depuis toujours une partie de l'alimentation humaine, en France leur utilisation comme engrais est une tradition séculaire. Quel Français ne connaît au moins le terme de *goémon* ou de *varech* ? Au sujet des algues brunes en France, il faut rappeler quelques chiffres : cette année près de 40 000 tonnes auront été récoltées par environ 70 navires goémoniers employant une centaine de marins. Ces dernières années la récolte a pu s'effectuer dans de bonnes conditions grâce à l'équipement moderne des bateaux, équipement soutenu par le ministère de la Mer. Maintenant le *goémon* n'est plus utilisé directement comme engrais mais transformé industriellement en fertilisants. De plus, de ces algues sont extraites de nombreuses substances gélifiantes. Ce traitement est assuré par des sociétés industrielles telles la CECA ou la SOBALG par exemple. La CECA possède en plus un laboratoire de recherches lui permettant à la fois d'améliorer la qualité des produits et de les diversifier afin de les adapter au mieux à leurs multiples utilisations.

Des substances gélifiantes, avec des propriétés spécifiques, peuvent aussi être extraites des algues rouges. Mais là se pose un problème : elles ne sont pas assez répandues sur nos côtes et il faut apprendre à les cultiver dans des conditions rentables et économiques. Beaucoup d'entre elles sont importées et donc payées en dollars. Si leur production et leur traitement étaient améliorés, la France pourrait devenir compétitive sur le plan mondial. C'est notamment l'une des tâches de l'ISTPM, du CNEOX et de certains laboratoires universitaires.

Mais les extraits fertilisants et les substances gélifiantes ne sont pas les seules richesses que peuvent apporter les algues. C'est là-même le sujet de votre colloque. Je me bornerai à citer quelques exemples.

La masse algale peut servir à la méthanisation, donc peut représenter une ressource énergétique. Des études sont en cours à l'heure actuelle dans plusieurs centres, industriels ou publics.

La culture des microalgues est déjà utilisée en tant que processus dépolluant des eaux usées. On ne peut que souhaiter que ce processus d'épuration biologique soit développé, ce qui implique le développement des études de la culture des microalgues.

Enfin, certains produits à haute valeur ajoutée, peuvent être extraits des algues. Des pigments ont pu être ainsi commercialisés. Empiriquement, il est bien connu que certaines algues sont utilisées à des fins médicales ou plutôt à l'heure actuelle à des fins paramédicales, par exemple en cosmétologie ou en thalassothérapie. L'on sait qu'un certain nombre de médicaments actuels ont été isolés à partir de plantes terrestres puis resynthétisés chimiquement. A priori, l'on peut penser qu'un processus similaire pourrait s'appliquer aux algues : des études préliminaires à l'étranger ont montré que des substances de croissance et des antibiotiques étaient présents dans certaines algues. En France, bien que quelques équipes universitaires et la Société GOEMAR travaillent dans ce domaine, il semble bien qu'il y ait un retard important à combler. Mais là encore un problème de cultures d'algues se pose.

Avant de conclure, je ne voudrais pas passer sous silence le cas des Posidonies, plantes marines souvent considérées à tort comme des algues et qui ont une importance biologique et écologique primordiale en Méditerranée. Leur préservation, leur culture sont de plus en plus à l'ordre du jour et méritent certainement une large réflexion.

Je n'ignore pas non plus que le sujet de votre colloque ne concerne pas seulement la valorisation des algues marines mais également celle des micro et macrophytes des cours d'eau, des lagunes et des marais. Je suis certain que les représentants des autres ministères ou organismes publics concernés par ces questions insisteront sur cet aspect.

L'algue doit être l'une des composantes-clés de l'agro-alimentaire de demain et peut être même, par sa biomasse, une source d'énergie très intéressante. Pour conclure, je dirai donc que des problèmes que pose encore l'exploitation de cette ressource doivent être résolus et maîtrisés. C'est la raison pour laquelle nous devons miser sur des recherches approfondies bien sûr fondamentales mais qui doivent être liées aux besoins des professionnels. Ces recherches seront donc d'autant plus fructueuses, d'autant plus efficaces que le dialogue Université-Profession se concrétisera et s'amplifiera.

Le colloque sur la valorisation des végétaux aquatiques a été organisé notamment dans le but de favoriser cette alliance. Ici de nombreuses discussions auront lieu, de multiples contacts seront pris, nous en espérons beaucoup.

Je vous adresse donc, avant que vous ne commenciez vos travaux, les plus vifs encouragements du Ministre de la Mer qui suit avec le plus grand intérêt l'évolution des possibilités d'exploitation des végétaux aquatiques. Cette exploitation constitue, en effet, une activité traditionnelle importante pour l'emploi dans certaines régions littorales. En outre, leur utilisation est certainement appelée à connaître un large développement dans les domaines :

- de l'agriculture ;
- de l'alimentation humaine ;
- de la pharmacologie ,
- de l'énergie.

Je souhaiterais, si vous le permettez, avant d'achever ce propos, adresser au Secrétariat de ce colloque, et tout particulièrement à Monsieur René DELEPINE, les remerciements que le Ministre de la Mer m'a chargé de lui transmettre. Cette tâche m'est d'autant plus agréable que mon premier contact avec Monsieur DELEPINE s'est établi, il y a quelques années "in situ", devant les grands champs d'algues des Kerguelen et que son enthousiasme et sa détermination ont fait de moi, dès ce moment, non pas un algologue compétent, mais un ardent défenseur de la promotion des végétaux aquatiques.

A tous donc, bon courage pour un travail fructueux dont les résultats nous permettront sans aucun doute de mieux utiliser nos richesses.

L'AFME ET LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DES VÉGÉTAUX AQUATIQUES

Philippe MORAND - Chargé de Mission

Le COMES avait été créé avec pour mission de favoriser l'émergence de l'énergie solaire, y compris l'énergie éolienne. Cette mission s'est progressivement étendue à l'énergie solaire au sens large, c'est à dire à inclure la biomasse et la bioconversion directe. Dans le cadre de l'utilisation de la biomasse, un des axes à long terme s'est très rapidement révélé être celle des végétaux aquatiques et de nombreux contrats ont été passés qui vont de la recherche fondamentale à l'expérimentation. Ceux-ci ont donné lieu à un séminaire récent qui a permis de faire le point et de dégager les thèmes principaux qui semblent prometteurs.

Avant de les aborder, il convient néanmoins de dire quelques mots du changement intervenu par la mise en place de l'AFME, Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie, qui regroupe l'ancien COMES, disparu donc depuis mai 1982, l'ancienne AEE, la Mission Chaleur et le Comité Géothermie. Dans de nombreux domaines en effet, tel que l'habitat, les serres, le bois de feu, l'utilisation des énergies renouvelables n'est pas dissociable d'une conception des matériaux et équipements économiques en énergie.

Les journées d'étude de VALBONNE sur la "biomasse aquatique et la bioconversion directe de l'énergie solaire" ont donc été les premières menées sous l'égide de la toute nouvelle AFME. Les interventions ont été regroupées sous 4 rubriques: macrophytes, microphytes, biotechnologie solaire, processus fondamentaux. Il s'est avéré que le dialogue était difficile, mais nécessaire entre les groupes et qu'une demande émanait des expérimentateurs et des physiologistes en direction des fundamentalistes, généticiens, biochimistes, etc. Un travail d'équipe peut se concrétiser mais ne le peut sans doute qu'à partir de projets relativement bien définis, de façon à ce que la demande soit bien précisée.

Parmi les sujets qui semblent prometteurs en matière d'énergie, on a donc pu distinguer 3 axes à court-moyen terme et 3 axes à long terme,

à court-moyen terme:

- Production de biomasse par lagunage en association avec l'épuration des eaux,
- Culture de végétaux aquatiques en eaux chaudes,
- Exploitation de zones humides,

à long terme:

- Cultures des macrophytes marins,
- Cultures des microphytes en pilote,
- Bioconversion directe de l'énergie solaire.

Il n'y a pas lieu de s'étendre sur la production de biomasse par lagunage en association avec l'épuration des eaux. Ce sujet fait l'objet d'une table-ronde, où l'utilisation énergétique de la biomasse obtenue ne devra pas être négligée. La double finalité rend en effet rentable cette valorisation. Elle peut se faire par méthanisation des microphytes après ou en même temps que leur récupération (sur les systèmes de récupération, il y a lieu, semble-t-il, de discuter), ou des macrophytes après prétraitement mécanique, chimique ou biologique. Elle peut aussi se faire par pressage, séchage et utilisation thermique de certains macrophytes.

La culture des végétaux aquatiques en eaux chaudes découle de la même logique, récupération d'un effluent, ici thermique, pour une valorisation qui peut être énergétique. Elle peut avoir lieu hors ou sous abri. Différentes expérimentations sont en cours: au CEA, utilisation d'eaux chaudes de piscicultures, à l'EDF, cultures sur eaux de refroidissement des centrales avec l'idée d'obtenir en aval un combustible facilement utilisable, méthane (voire méthanol). Ce genre de démarche peut être appliquée en tout point où est disponible de l'eau chaude (telle que l'industrie sidérurgique) toute échelle, pour peu que l'on démontre qu'elle est la plus rentable économiquement, ce qui nécessite un certain nombre de comparaisons.

L'exploitation des zones humides a été souvent délaissée au profit de l'assèchement des marais. Cette dernière option a ses limites et il est important de rappeler que les zones humides recouvrent encore 1% du territoire métropolitain. Il est très vraisemblable que l'exploitation des ressources végétales des zones humides se fera d'abord pour leurs possibilités d'utilisation en alimentation animale ou pour leurs propriétés physiques ou chimiques, mais la possibilité d'une récupération d'une partie souvent très importante des végétaux en vue d'en faire de l'énergie permettra plus facilement une telle exploitation et doit aujourd'hui être envisagée systématiquement. Les végétaux susceptibles d'une telle utilisation sont en cours de recensement et d'étude. On peut enfin ajouter pour le court-moyen terme que l'association des végétaux aquatiques, quelle que soit leur provenance, à des effluents liquides, de porcherie par exemple, devrait être une bonne solution pour l'obtention de biométhane.

Pour le moment, la culture des macrophytes marins en espace ouvert se heurte, indépendamment du problème des techniques qui sont mises au point dans de nombreux pays du monde, aux coûts de leur alimentation en sels minéraux ou de leur ramassage. La valorisation énergétique de ces macrophytes ne pourra donc avoir lieu que dans des conditions favorables (de lieux) et quand des économies d'échelles seront envisageables sur des exploitations développées en premier temps à d'autres fins. Néanmoins, dès maintenant, il ne faut pas écarter l'utilisation énergétique de leurs déchets et résidus.

La culture des microphytes en pilotes, réacteurs clos, parfaitement thermostatés et régulés ou bien bassins fermés de lagunage surveillés, est également une voie à suivre car elle permet un plus grand rendement de conversion de l'énergie solaire. Elle a l'inconvénient d'être plus exigeante en investissement et doit encore faire l'objet d'expérimentations complémentaires. Elle s'inscrira encore dans un système intégré où l'utilisation de la biomasse aura plusieurs finalités dont une finalité énergétique.

Enfin, par ordre croissant de sophistication, citons la bioconversion directe de l'énergie solaire en produits directement utilisables à des fins énergétiques, avec l'association pour la recherche en biotechnologie solaire. L'étude des capteurs capables de stocker l'énergie solaire en produits à haut potentiel énergétique stockable (hydrogène, ammoniac, hydrocarbures) est abordée, qu'ils soient parcourus par des cultures d'algues et donnent, à côté des produits eux-mêmes, une biomasse importante ou emploient des cellules immobilisées et donnent seulement ces produits. De toute manière le gain énergétique dû à ces techniques, pour l'obtention de produits à haute valeur ajoutée en général, montre assez leur intérêt.

En conclusion, on peut dire que l'A.F.M.E. attend de ce colloque, qu'à son issue, on confirme, infirme, infléchisse ou précise ces axes, en indique d'autres et dégage des projets précis qui pourront être mis en oeuvre pour accélérer la prise en compte de la production et de la valorisation énergétique de la biomasse aquatique dans l'économie nationale.

LES MISSIONS DU CNRS/PIROCÉAN

Guy JACQUES - Chargé de Mission

Le programme Interdisciplinaire de Recherches en Océanographie (PIROCEAN) a été créé en 1981 pour donner à la recherche fondamentale une structure de coordination commune au CNRS et à l'Enseignement supérieur. Il a pour mission d'inciter le développement de programmes novateurs, de programmer les campagnes à la mer sur les navires côtiers, dont il a la gestion, et sur les navires hauturiers du CNEXO, de soutenir le fonctionnement de la dizaine de stations marines de recherche fondamentale, d'aider au développement de techniques et d'appareillages nouveaux.

Sa spécificité tient à la mise en place d'opérations interdisciplinaires (physique, chimie, géologie, biologie) nécessaires aujourd'hui, indispensables demain pour une recherche de pointe sur l'Océan, siège de très fortes interactions.

La façon dont le budget 1983 du PIROCEAN (de l'ordre de 17 MF) se répartit, illustre clairement sa politique :

- 30 % sont consacrés au soutien de thèmes spécifiques avec procédures d'appel d'offres auprès de la communauté scientifique par l'intermédiaire d'ATP ou de GRECO par exemple : bases biologiques de l'aquaculture, océanographie chimique, géologie et géophysique des océans, télédétection, droit - socio-économie de la mer, sismologie du fonds des mers, grands cycles, Manche, réseaux trophiques, ICO, MIZEX.
- 25 % vont à l'équipement embarquable ou de laboratoires fonctionnant au bénéfice du plus grand nombre d'équipes,
- 15 % à l'entretien et au fonctionnement de la flotte des navires côtiers dont la dernière unité de 20 m vient d'être lancée sur la façade ouest-méditerranéenne
- 15 % à la réalisation de campagnes de haute mer (déplacements, transport du matériel) que ce soit sur les navires français ou en coopération sur des navires étrangers
- 15 % enfin aide au fonctionnement des stations marines qui représentent un potentiel que peu de nations possèdent.

Comme tous les programmes interdisciplinaires du CNRS, le PIROCEAN a une vocation particulière à favoriser les recherches riches d'application potentielles. Sans que cela constitue une priorité actuellement, on peut citer plusieurs actions qui s'inscrivent bien dans le cadre du thème "Biomasse Aquatique".

- le soutien aux campagnes hauturières qui visent à comprendre et à modéliser le fonctionnement des aires de remontée d'eaux profondes ;
- le cofinancement, à parité avec le CNEXO, de l'ATP "Bases biologiques de l'aquaculture" qui a, en 1983, affirmé son soutien à plusieurs projets concernant les algues ;
- l'incitation à la création, à La Rochelle, d'un laboratoire CNRS/CNEXO consacré aux études touchant à la valorisation des zones humides ;
- soutien du CNRS au Groupement d'Intérêt Scientifique "Aquaculture" tout d'abord en Méditerranée, prochainement en Manche et sur l'Atlantique.

L'ACTION DU CNRS/PIRSEM DANS LE DOMAINE DES ALGUES

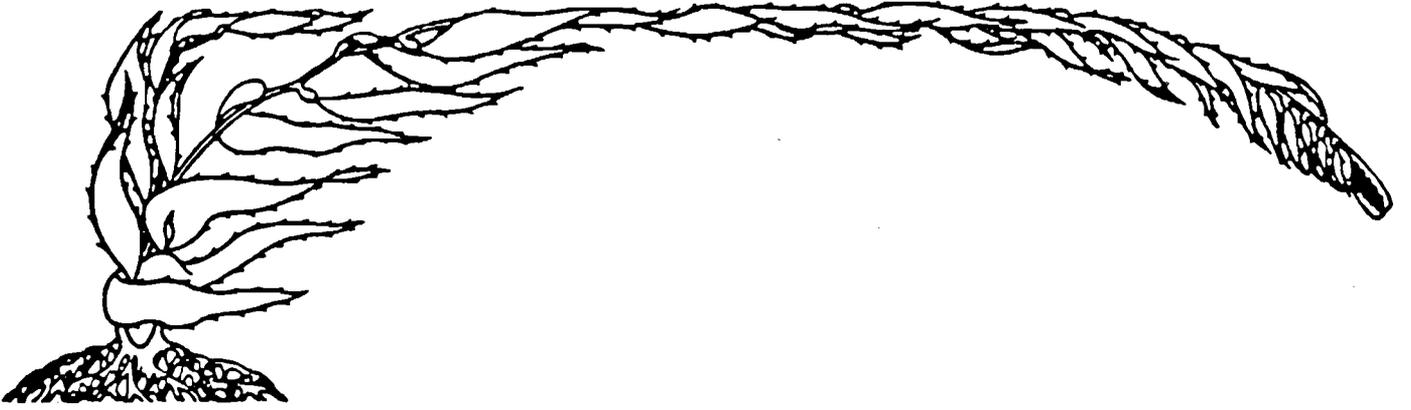
Anne-Lise ETIENNE - Chargée de Mission

Le PIRSEM : Programme Interdisciplinaire de Recherche sur les Sciences pour l'Energie et les Matières Premières a lancé en 1982 une action thématique programmée sur "La Connaissance du Fonctionnement des Algues". Il lui semble en effet nécessaire d'approfondir les connaissances de base sur le fonctionnement des algues pour pouvoir envisager une utilisation optimale de la biomasse algale. Les grandes orientations du programme de l'ATP sont les suivantes :

- Etude de la production phytoplanctonique
- Etude de diverses régulations cellulaires
- Obtention et sélection de souches.

Le budget de cette action était de 450 000 francs en 1982. Dix projets ont été retenus.

Un nouvel appel d'offres sera lancé en 1983 avec un budget de l'ordre de 500 000 francs.



COMMUNICATIONS AFFICHEES

Au cours du colloque soixante et une communications affichées ("posters") ont été exposées et présentées par leurs auteurs.

Les manuscrits remis au secrétariat ont été soumis, chacun, à deux rapporteurs en décembre 1982. Après révision par leurs auteurs, ils ont à nouveau été analysés par deux autres rapporteurs courant 1983. Seuls sont publiés ici les textes définitivement admis, à l'exclusion des comptes rendus d'activité. Les textes sont présentés dans l'ordre alphabétique des auteurs et chacun d'entre eux est associé à des mots-clés.

La liste, en index, constitue un récapitulatif de toutes les communications affichées présentées au colloque. Dans cette liste, l'absence de mot -clé indique que le texte correspondant n'a pas été retenu.

ESSAIS DE CAPTAGE DE JEUNES STADES D'ALGUES MARINES SUR SUPPORTS DE CULTURE
1ère étape : Obtention et fixation des jeunes stades sur le support de culture

Régis ALTAZIN

Service Agriculture. Station Marine. 28, avenue Foch - BP 41 62930 WIMEREUX

Une stratégie qui se développe de plus en plus dans le domaine de la culture des algues est celle de la culture intensive. Les différents stades du cycle de l'algue sont suivis en laboratoire et les supports de culture sont ensemencés de façon optimale avant leur immersion dans le milieu marin. Ainsi sont cultivés les *Porphyra* (*Nori*) au Japon (CHIHARA 1981) ou les *Laminaria* et *Undaria* en Chine (TSENG 1981 a et b).

C'est à ce type de stratégie que l'expérimentation, réalisée par notre laboratoire, se réfère. Toutefois, seule l'étude portant sur la 1ère phase de cette culture, c'est-à-dire l'obtention et la fixation des plantules sur les cordes de culture, a été envisagée.

L'étude d'une installation de culture dans le milieu marin, installation commune à la croissance des moules et des algues, a été menée parallèlement, mais la culture des algues sera envisagée ultérieurement.

Ces travaux en laboratoire et dans le milieu marin ont été réalisés à la Station marine de Wimereux (Pas-de-Calais).

I. - DEROULEMENT DE L'EXPERIMENTATION : RESULTATS

A. - Travaux sur *Laminaria digitata*

Après des études déjà réalisées sur cette espèce (PEREZ 1971, COSSON 1973), une technique de captage des jeunes plantules dans le milieu marin est proposée. Des cordes de nylon et de coco, tendues sur des cadres métalliques sont immergées dans un champ de Laminaires à faible profondeur. Après un mois d'immersion continue (du 1er octobre au 1er novembre 1982), la fixation des jeunes sporophytes de Laminaires n'a pas été observée.

B. - Travaux sur *Sargassum muticum*

A la suite d'études déjà entreprises sur cette espèce (ALTAZIN 1981), des essais de captage sur des cordelettes de nylon sont effectués. Les cordelettes enroulées en spirale sont placées au fond d'aquariums, alimen-

tés constamment en eau de mer, sous des thalles fertiles flottants. La libération des embryons est périodique chez les Sargasses et 5 jours sont nécessaires pour une bonne et homogène fixation. La croissance est suivie sous différentes intensités lumineuses. L'allongement des plantules soumises aux conditions de lumière les plus intenses (1 500 lux) est le plus fort. La taille moyenne des algues atteint 2 cm, une petite proportion d'entre elles sont plus grandes, 3-3,5 cm.

Ces résultats complètent ceux déjà obtenus sur l'importance de l'enrichissement du milieu en sels nutritifs (nitrates et phosphates) dans une expérimentation en eau de mer non renouvelée. Cet enrichissement ne semble pas être nécessaire si le renouvellement de l'eau est constant.

II. - CONCLUSION

Ces travaux, qui nous ont familiarisé dans ce domaine de l'"Eclosierie-nurserie" des algues cultivables ouvrent de réelles possibilités d'investigations et d'approfondissement pour des recherches plus écophysiologiques mais également technologiques et économiques dans un contexte national.

BIBLIOGRAPHIE

- ALTAZIN R., 1981. - Culture et utilisation d'algues marines. Essais de culture en laboratoire et à l'échelle semi-industrielle de l'algue brune *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. *Mémoire de D.E.A., Université des Sciences et Techniques de Lille I*, 67 p.
- CHIHARA M., 1981. - Recent advances in the cultivation of macroalgae in Japan. *Proceedings of the 8th Int. Seaweed Symp., Bangor (North Wales)*, 1973, 36-45.
- COSSON J., 1973. - Influence des conditions de culture sur le développement de *Laminaria digitata* (Phaeophyceae, Laminariales). *Bull. Soc. Phycol. Fr.* 18, 104-112.
- PEREZ R., 1971. - Influence de quelques facteurs physiques sur le développement de *Laminaria digitata* (L.) Lamouroux. *Ibid.* 16, 89-105.
- TSENG C.K., 1981.a- Marine phycoculture in China. *Proceedings of the 10th Int. Seaweed Symp., Göteborg. Sweden, August 11-15, 1980*, 123-152
- TSENG C.K., 1981.b- Commercial cultivation. In : *The Biology of Seaweeds*, ed. Bot. Monographs, vol. 17, Blackwell Scientific Publications, 680-725.

APPROCHE PLURIDISCIPLINAIRE POUR L'ÉTUDE DE L'ALGUE CARRAGHÉNOPHYTE
HYPNEA MUSCIFORMIS, EN VUE D'UNE MEILLEURE VALORISATION

A. ASENSI*, R. DELÉPINE*, C. LAMBERT*, M-Th. L'HARDY-HALOS** & A. TORTEY*

* *Biogéographie et Ecologie Benthiques - B.V.M. - 7, quai Saint-Bernard
75230 PARIS CEDEX 05*

** *Laboratoire de Phycologie Marine et Morphogénèse - CNRS - Faculté des Sciences
Route de Laval 72017 LE MANS CEDEX*

INTRODUCTION

On connaît le réel intérêt économique présenté par les Rhodophycées du genre *Hypnea* qui constituent la matière première dont on extrait des phycocolloïdes de type carraghénane. *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux, en particulier, est intéressante à plusieurs titres. Elle présente une vaste répartition géographique, tant dans l'océan Atlantique qu'en Méditerranée, et montre un grand nombre de variantes morphologiques qui pourraient correspondre à des isolats génétiques à potentialités différentes. En certaines régions, comme le littoral de NICE-VILLEFRANCHE-SUR-MER par exemple, les gamétophytes n'ont jamais été observés. En considérant, d'une part, le nombre réduit de macroalgues méditerranéennes susceptibles d'être exploitées industriellement et, d'autre part, l'intérêt déjà mentionné que présente *Hypnea musciformis*, nous avons entrepris un programme pluridisciplinaire pour étudier les facteurs de valorisation chez cette espèce.

RESULTATS

Les premiers résultats de ces travaux viennent d'être présentés au colloque des contractants A.F.M.E. à VALBONNE (DELEPINE, 1982). L'objectif de cette communication est d'illustrer certains acquis importants qui permettent d'orienter les choix de stratégie méthodologique pour une meilleure valorisation. Ils sont présentés en fonction des cinq directions de recherche abordées au cours de ce programme.

1 - RECHERCHE DE NOUVEAUX PRODUITS COMMERCIALISABLES

Des tests ont été réalisés en vue de rechercher les éventuelles activités antimicrobiennes chez cette espèce (NICOD *et al.* 1986). Une action, faible mais significative, a été décelée sur trois souches bactériennes.

2 - ETUDE DE LA PHOTORESPIRATION

Pour rentabiliser une éventuelle exploitation, il est important d'analyser certains mécanismes comme la photorespiration, responsable d'importantes pertes de production du matériel biologique. Ces recherches viennent d'être entreprises sur *Chondrus crispus* avec des techniques très sophistiquées utilisant la mesure en continu des échanges gazeux à l'aide d'éléments radioactifs (BRECHIGNAC & ANDRE, 1986).

Après la mise au point définitive de la méthode, ce type d'étude sera poursuivi sur *Hypnea musciformis* en relation avec les résultats préliminaires encourageants obtenus chez cette espèce.

3 - EVOLUTION DES POPULATIONS NATURELLES

Les populations naturelles de la région de VILLEFRANCHE-SUR-MER présentent un cycle saisonnier nettement marqué comme l'illustre leur évolution observée en 5 stations différentes (TORTEY, 1982). Durant l'hiver les thalles, petits et peu nombreux, forment des populations dispersées. Les jeunes pousses réapparaissent en mai-juin. Les individus se développent très rapidement en juin-juillet et atteignent leur taille maximale à la mi-juillet. Dès septembre les populations se dégradent : les thalles sont plus ou moins broutés et décolorés, ils se fragmentent et un grand nombre sont déjà réduits à leur partie basale qui, seule, subsistera pendant l'hiver.

Au cours de ce suivi, seuls des tétrasporophytes (portant des rameaux stichidiaux bien caractérisés) ont été récoltés, confirmant ainsi les observations faites au cours des stages régulièrement organisés en juillet, depuis 1970 (DELEPINE inédit). En l'état actuel de nos connaissances, l'absence de gamétophyte dans la nature, à VILLEFRANCHE-SUR-MER, pose évidemment le problème de la succession et de la ploïdie des générations dans le cycle de vie (classiquement considéré comme trigénétiq ue diplohaplophasique).

4 - FACTEURS DE PRODUCTION ETUDIÉS EN BACS D'AQUACULTURE

L'influence de diverses concentrations en sels nutritifs sur l'évolution de la biomasse algale et des carraghénanes a été étudiée à l'aide de bacs d'aquaculture (d'une contenance variant de 40 à 700 litres) placés en lumière naturelle (TORTEY, 1982).

En se bornant au rôle de l'azote, il est apparu, d'une part, que l'ion NH_4 disparaît toujours plus rapidement du milieu de culture que l'ion NO_3 et, d'autre part, que les dynamiques d'absorption de ces ions sont peu différentes le jour et la nuit. Il y a donc, en ce domaine, une similitude certaine entre la physiologie des macroalgues et celle du phytoplancton, qui mériterait d'être approfondie. La productivité et le rapport glucides/protéines sont affectés par la teneur en azote du milieu (tableau 1). Dans nos conditions expérimentales, on observe un balier de productivité à partir d'une concentration de 75 - 100 $\mu\text{mol.N/litre}$ tandis que les glucides, et les carraghénanes en particulier, sont plus abondants avec de faibles enrichissements en azote (conditions correspondant à la plus faible production de biomasse). Ces conditions optimales différentes pour la production de biomasse, d'une part, et la synthèse de produits particuliers, d'autre part, ont de grandes conséquences pour les stratégies en aquaculture.

TABLEAU 1 : TENEUR EN AZOTE, PRODUCTIVITE ET RAPPORT GLUCIDES/PROTEINES

AZOTE ($\mu\text{MOL./LITRE}$)	0	25	50	60	120	250
PRODUCTIVITE MOYENNE/JOUR	4,9	9,8	13,2	18,8	20,2	21,0
NOMBRE VALEURS	1	4	6	1	1	1
RAPPORT GLUCIDES/PROTEINES	5,0			1,8	1,6	1,0

LA PRODUCTIVITE JOURNALIERE CORRESPOND A $\frac{(BF - BI)}{BI} \times (100/J)$ AVEC : BI = BIOMASSE INITIALE, BF = BIOMASSE FINALE, J = NOMBRE DE JOURS DE CULTURE.

5 - FACTEURS DE PRODUCTION ETUDIÉS EN LABORATOIRE

L'analyse de certaines réactions écophysiologiques et morphogénétiques, après sectionnement des thalles, permet une approche complémentaire de la précédente, en ce qui concerne les facteurs de production. Ainsi l'évolution de deux types de tronçons (apicaux = A et sous-apicaux = S) est suivie tant pour leur longueur que pour le nombre et la longueur des axes latéraux qu'ils produisent.

Les résultats d'une expérimentation réalisée pendant 25 jours sont rassemblés dans le tableau 2. Les tronçons apicaux n'ont pas produit de rameaux alors que les tronçons sous-apicaux, même très courts, en engendrent un grand nombre (R). Par ailleurs la production totale (DLT) et la productivité globale (PG) des tronçons sous-apicaux présentent un optimum pour une longueur de 890 μm , alors que le nombre maximal de rameaux (R) se situe à 1 323 μm . En conséquence, dans cette expérience comme dans celles exposées au paragraphe 3, il est important de remarquer que les conditions optimales à réaliser varient en fonction du but recherché.

TABLEAU 2 : COMPORTEMENT DE TRONCONS APICAUX ET SOUS-APICAUX

NUMERO DES LOTS EXPER.	TRONCONS D'AXES MIS EN EXPERIENCE			ACCROISSEMENTS DES LONGUEURS = "PRODUCTION"			"PRODUCTIVITE" GLOBALE	NOMBRE DE RAMEAUX PAR TRONÇON
	TYPE	NOMBRE	LONGUEUR	AXE	RAMEAUX	P.TOTALE *		
	A ou S	N	LA *	DIA *	DLR *	DLT = DIA+DLR	PG = DLT+DLR	R *
1	S	4	91	51	110	161	1,77	0,5
2	S	8	550	114	1 647	1 761	3,20	1,7
3	S	6	890	635	3 005	3 640	4,09	2,7
4	S	5	1 323	551	2 798	3 349	2,53	4,8
2	A	8	189	536	0	536	2,84	0
3	A	6	418	2 240	0	2 240	5,36	0

* LES LONGUEURS, LEURS ACCROISSEMENTS ET LE NOMBRE DE RAMEAUX SONT DES MOYENNES CALCULEES POUR LE NOMBRE (N) DE TRONCONS CONSTITUANT CHAQUE LOT EXPERIMENTAL ; LES LOTS 2A ET 2S D'UNE PART, 3A ET 3S D'AUTRE PART, SONT CONSTITUES RESPECTIVEMENT PAR LES TRONCONS APICAUX ET SOUS-APICAUX DES MEMES AXES.

Une autre expérience permet de comparer la production de rameaux pour des boutures sectionnées ou entières, en utilisant 3 lots expérimentaux (tableau 3). Les données des tronçons entiers (Lot 1) y sont comparées aux données obtenues en regroupant celles des lots 2A et 2S. Un optimum énergétique existe vers 70-76 W/m²/Jour. En outre les résultats de l'expérimentation précédente sont généralisés puisque, quelque soit l'énergie, la production des rameaux est supérieure pour les boutures tronçonnées (rapport (2A) + (2S)/(1) toujours supérieur à 1).

TABLEAU 3 : FACTEURS INFLUENCANT LA PRODUCTION DE RAMEAUX

EQUIVALENT ENERGETIQUE JOURNALIER (W/M ² /JOUR)	24	28	41	49	59	70	76	86	
PHOTOPERIODE (DUREE EN HEURES JOUR/NUIT)	8/16	10/14	12/12	14/10	16/8	19/5	21/3	24/0	
NOMBRE DE RAMEAUX (POUR TRONCON INITIAL DE 2 000 μm)	LOT (2A) + LOT (2S)	3,3	4,1	4,8	3,2	3,5	6,0*	7,3*	5,3
	LOT (1) = TEMOIN	2,8	1,5	1,5	2,8	3,3	5,4*	5,6*	3,5
	RAPPORT (2A)+(2S)/(1)	1,2	2,7	3,2	1,1	1,1	1,1	1,3	1,5

* VALEURS MAXIMALES OBTENUES POUR LES LOTS CONSIDERES

LE LOT 1 EST CONSTITUE PAR DES EXTRÉMITÉS D'AXES EN CROISSANCE MESURANT 2 000 μm CHACUN. LES TRONCONS DU LOT 2 INITIAL SONT TOUT A FAIT SEMBLABLES STATISTIQUEMENT A CEUX DU LOT 1 MAIS ILS SONT SECTIONNES EN 2, FOURNISSANT AINSI UNE PARTIE "APICALE" DE 500 μm (LOT 2A) ET UNE PARTIE "SOUS-APICALE" DE 1 500 μm (LOT 2S). LA COMPARAISON EST FAITE ENTRE LES BOUTURES SECTIONNEES (2A) + (2S) ET LES BOUTURES TEMOINS (1).

CONCLUSION

Ce travail préliminaire doit être poursuivi mais il permet, dès maintenant, de présenter deux remarques de portée générale :

1 - Il faut souligner l'intérêt de cette approche pluridisciplinaire abordée par des chercheurs ayant des points de vue et des techniques de travail complémentaires. Ces faits sont importants pour notre discipline où les recherches restent dispersées et insuffisamment coordonnées entre elles.

2 - Au niveau des stratégies à mettre en oeuvre pour l'aquaculture d'*Hypnea* (comme vraisemblablement pour celle des autres espèces) la notion "d'ateliers spécialisés" mérite sûrement d'être développée. Il a bien été montré que les conditions optimales varient pour chaque objectif à atteindre. Il convient donc d'identifier les différentes "étapes élémentaires" conduisant au produit final et de rechercher leur optimisation en faisant varier les facteurs prédominants. Compte tenu des résultats résumés ci-dessus, il est possible de proposer, dans l'état actuel de nos connaissances, trois types d'ateliers successifs :

- un atelier de multiplication des apex, en utilisant les capacités de régénération des boutures
- un atelier d'augmentation de la biomasse algale, en recherchant la production photosynthétique maximale pour une photorespiration minimale et en tenant compte des réactions vis à vis des sels nutritifs
- des ateliers de "maturation" propres à chaque type de produits envisagés ; pour la production de carraghénanes, par exemple, la réduction de la teneur en azote est un facteur positif.

REMERCIEMENTS

Les résultats exposés en 1, 2, 3 et 4 (*pro parte*) ont été obtenus au titre des contrats COMES n° 80 75 206 et 80 75 409 ; les recherches de terrain et la plupart des expérimentations ont été effectuées à la station zoologique de VILLEFRANCHE-SUR-MER. Les autres expériences nécessaires au paragraphe 4 ont été menées au sein de la formation, "Phycologie marine et morphogénèse" de l'Université du Maine (031875).

BIBLIOGRAPHIE

- BRECHIGNAC F. & M. ANDRE 1986. Croissance et physiologie d'une macroalgue d'intérêt industriel (*Chondrus crispus*) analysée par la mesure en continu des échanges gazeux. Communication Affichée n° 18. Colloque VALVA.
- DELEPINE R. 1982. Facteurs de valorisation des algues marines : l'exemple d'*Hypnea musciformis*. Séminaire de contractants Biomasse Aquatique et Bioconversion Directe de l'Energie Solaire - SOPHIA-ANTIPOLIS. AFME publ. p. 15-50.
- NICOD F., R. DELEPINE, J. VAQUETTE & J-P. CHAUMONT 1986 - Activités antibactériennes et antifongiques d'algues marines subantarctiques et méditerranéenne. Communication Affichée n° 49. Colloque VALVA.
- TORTEY A. 1982. Facteurs déterminant la production de Biomasse et de carraghénanes chez *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux. Mémoire DEA Océanologie Biologique. Université P. et M. CURIE. 16 p.

IMMOBILISATION DANS DES MOUSSES DE POLYURÉTHANE DE L'ALGUE
RICHE EN HYDROCARBURES *BOTRYOCOCCUS BRAUNII*

C. BAILLIEZ*, C. LARGEAU*, E. CASADEVALL* & C. BERKALOFF**

* *Laboratoire de Chimie Bioorganique et Organique Physique - ERA 685 CNRS - E.N.S.C.P.
11, rue P. et M. Curie - 75231 PARIS CEDEX 05*

** *Laboratoire de Botanique-Cytophysologie Végétale. L.A. 311 CNRS - E.N.S.
24, rue Lhomond - 75231 PARIS CEDEX 05*

INTRODUCTION

L'algue verte unicellulaire *Botryococcus braunii** présente la particularité remarquable de produire des hydrocarbures dont le taux peut atteindre 75 % du poids sec (1,2), alors que la plupart des autres organismes végétaux n'atteignent que des teneurs de l'ordre de 1 %.

Cette caractéristique nous a amené à entreprendre une étude approfondie, tant au niveau de la biosynthèse qu'au niveau de l'amélioration des conditions de culture pour la production d'hydrocarbures de *B.b.*

Dans ce but nous étudions entre autre l'influence sur les cellules entières, de l'immobilisation dans un support solide.

La technique d'immobilisation a été largement utilisée dans le domaine enzymologique ; elle s'étend depuis peu aux organites cellulaires et aux cellules entières (3,4). Cependant son application à des cellules photosynthétiques est assez peu répandue.

Il était intéressant de tenter l'immobilisation sur *B.b.* pour les raisons suivantes :

- Des études antérieures ont montré que les hydrocarbures de l'algue s'accumulent dans les parois externes sous forme de globules (5, 6).

- L'immobilisation peut permettre une récupération des produits exocellulaires plus aisée que la culture en milieu liquide.

Une étude antérieure sur gel d'alginate de calcium (7) nous a montré que *B.b.* restait viable dans ces conditions au cours de cultures prolongées. L'algue présentait même un métabolisme général (mesuré sur la base du dégagement d' O_2 d'origine photosynthétique) plus actif par rapport à celui d'une culture témoin en milieu liquide, et conservait son aptitude à synthétiser des hydrocarbures en grande quantité.

Dans le cadre d'une étude générale de différents supports nous avons entrepris d'immobiliser *B.b.* sur gel de polyuréthane.

MATERIEL ET METHODE

Une suspension dense de *B.b.* est homogénéisée par potérisation. Une fraction est inoculée dans du milieu neuf et servira de témoin. Le reste est immobilisé dans la mousse de polyuréthane. Pour cela on mélange volume à volume la suspension d'algue et le prépolymère. On agite fortement puis on laisse reposer à température ambiante. L'expansion de la mousse est totale après environ 10 mn. Le bloc de mousse est découpé en fragments de quelques millimètres ; ceux-ci sont lavés trois fois, puis inoculés dans les erlens contenant du milieu nutritif. La composition de ce milieu, les conditions de culture employées pour les algues immobilisées et les témoins libres ont déjà été décrites (7). Il en est de même pour la technique de microscopie électronique à balayage (7).

RESULTATS - DISCUSSION

Les polyuréthanes sont issus de la réaction entre deux groupes fonctionnels : un groupe isocyanate $R-N=C=O$ et un groupe alcool. Lors de la polymérisation en présence d'eau, des molécules de CO_2 sont formées. Elles créent des cavités qui donnent une structure de mousse au support. Si la réaction se fait en présence des algues, celles-ci se trouvent emprisonnées dans les cavités du polyuréthane.

* Dans la suite du texte, cette espèce, *Botryococcus braunii* est indiqué par les deux initiales *B.b.*

Ayant à notre disposition différents types de pré-polymères, nous avons d'abord examiné leur éventuelle toxicité sur les algues en mesurant le dégagement d'oxygène : d'une part leur photosynthèse nette : production d'O₂, d'autre part leur respiration à l'obscurité : absorption de O₂.

Les mousses testées se différencient par leur aptitude à s'expanser et par le pourcentage de groupes isocyanates résiduels. Ce dernier augmente en passant de A* (Z = 2,1) à B* (Z = 2,65) et à C* (Z = 8,2). Pour la mousse D* le pourcentage ne nous est pas connu.

Seules les algues immobilisées dans la première mousse A* ont gardé des capacités respiratoires et photosynthétiques suffisantes après traitement. Cette mousse a donc été retenue pour poursuivre notre étude.

Une étude en microscopie à balayage nous a permis de visualiser l'organisation dans l'espace des cellules de B.b. et de leur support. Les colonies de l'algue gardent un aspect général inchangé et ont autour d'elles un espace suffisant pour se développer. Les pores de la mousse qui permettent une circulation du milieu ne présentent pas cependant une taille homogène.

Nous avons effectué après le test de viabilité, une expérience sur l'évolution des dégagements d'oxygène en fonction du temps. Il apparaît que les algues immobilisées restent viables pendant une culture prolongée (55 jours) et qu'elles conservent une photosynthèse active. Cependant le dégagement d'O₂ de ces algues reste inférieur à celui des algues témoins (en moyenne 50 %).

Il était également nécessaire de savoir si immobilisées en polyuréthane, les algues continuaient à produire des hydrocarbures. Dans ce but nous avons réalisé une expérience de marquage radioactif avec de l'acide oléique ¹⁴C-10. Les algues immobilisées conservent la capacité de synthétiser des hydrocarbures. Ceux-ci sont en quantité moindre (environ un tiers) par rapport au témoin. Cela est en relation vraisemblablement avec leur métabolisme général plus faible.

CONCLUSION

Ces premiers résultats montrent que l'immobilisation de B.b. sur polyuréthane a un effet plus drastique que l'immobilisation sur alginate de calcium. Un certain nombre de cellules reste viable et garde son aptitude à synthétiser des hydrocarbures. Des recherches ultérieures sur les conditions de culture avec ce type de support devraient permettre d'obtenir un meilleur peuplement des mousses et d'améliorer ainsi la production d'hydrocarbures.

REMERCIEMENTS

Ce travail fait parti d'un large programme d'étude centré sur B. braunii avec comme objectif la production renouvelable d'hydrocarbures. Il est soutenu par : le PIRSEM-CNRS, les Communautés Européennes et Elf-Aquitaine.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) MAXWELL J.R., DOUGLAS A.G., EGLINTON G. et Mc CORMICK A., - The Botryococcènes. Hydrocarbons of novel structure from the alga Botryococcus braunii, Kützing - Phytochem., 7, 1968, 2157.
- 2) BROWN A.C., KNIGHTS B.A. et CONWAY E., - Hydrocarbon content and its relationships to physiological state in the green alga Botryococcus braunii - Phytochem., 8, 1969, 543.
- 3) PETRE D., NOEL C. et THOMAS D., A new method for cell immobilization - Biotechnol., Bioeng., 20, 1978, 127.
- 4) DURAND G., NAVARRO J.M., - Immobilized microbial cells - Process Biochemistry, Sept., 1978, 14 à 23.
- 5) LARGEAU C., CASADEVALL E., BERKALOFF C. et DHAMELINCOURT P., Sites of accumulation and composition of hydrocarbons in Botryococcus braunii - Phytochem., 19, 1980, 1043.
- 6) LARGEAU C., CASADEVALL E. et BERKALOFF C., - The biosynthesis of long chain hydrocarbons in the green alga Botryococcus braunii - 19, 1980, 1081.
- 7) BAILLIEZ C., LARGEAU C., CASADEVALL E. et BERKALOFF C., - Effects of immobilization on the alga Botryococcus braunii - C.R. Acad. Sc. Paris. 296, Ser. III, 1983, 199-202

* Sigle utilisé par le fournisseur pour ces mousses : A = PE 201, B = PE 232,
C = PE 23712, D = PE 885

ÉTUDE BOTANIQUE ET PHARMACOLOGIQUE DE TROIS ALGUES A POTENTIALITÉS
ANTIPARASITAIRES : *ALSIDIUM HELMINTHOCHORTON* KÜTZ.
JANIA RUBENS LAMOUR. ET *CORALLINA OFFICINALIS* L.

G. BALANSARD*, M. PELLÉGRINI**, C. CAVALLI*, P. TIMON-DAVID*** & G. GASQUET**
(collaboration technique G. BOUDON)

* *Laboratoire de Matière Médicale - Faculté de Pharmacie de Marseille*
Boulevard Jean Moulin 13005 MARSEILLE

** *Laboratoire de Biologie Végétale - Faculté des Sciences de Luminy (case 901)*
13288 MARSEILLE CEDEX 9

*** *Laboratoire de Parasitologie - Faculté de Pharmacie de Marseille*
Boulevard Jean Moulin 13005 MARSEILLE

L'usage de la Mousse de Corse (*Alsidium helminthochorton*) est attesté dès l'Antiquité (5). Depuis son utilisation empirique en Corse, comme oxyuricide chez l'enfant (4), elle a été largement exportée sur le continent européen. Cette extension semble avoir engendré diverses falsifications des produits commercialisés. Les échantillons fraudés ont tout d'abord renfermé de nombreuses espèces différentes (jusqu'à 30) parmi lesquelles les Corallines ont de plus en plus dominé et, de nos jours, *Alsidium* est totalement substitué par *Jania rubens*. Il s'avérerait donc utile de définir une diagnose botanique et chimique simple permettant de caractériser la " Mousse de Corse " par rapport à ses deux fraudes les plus couramment rencontrées : *Jania rubens* et *Corallina officinalis*.

DIAGNOSE BOTANIQUE

Alsidium helminthochorton se différencie aisément des deux autres espèces, même sur des échantillons sommairement broyés, par l'absence de segmentation et de calcification. L'étude cytologique fine de ces trois algues a fait apparaître chez *Alsidium* seulement, la présence de formations intracytoplasmiques composées d'unités fibrillaires disposées soit en bandes alternatives parallèles et perpendiculaires soit en bandes parallèles d'arceaux imbriqués (2,3).

PHARMACOLOGIE ANTIPARASITAIRE

Les fractions soumises aux tests anthelminthiques effectués *in vivo* à partir de Souris infestées par *Syphacia obvelata* et *in vitro* sur des vers isolés résultent successivement

- (1) d'une lixiviation des poudres algales par du méthanol pur (fraction F1),
- (2) d'une lixiviation de la poudre résiduelle par une solution aqueuse de méthanol à 50% (fraction F2),
- (3) d'une extraction par l'eau bouillante de la poudre résiduelle après extraction de la fraction F2 (fraction F3).

Les tests antiparasitaires effectués sur des Souris hébergeant des *Syphacia* ont montré que la fraction F1 est plus active que la fraction F2 tandis que la fraction F3 est totalement inactive sur les vers.

Ces mêmes tests réalisés à partir des fractions soluble-eau (S) et insoluble-eau (I) obtenues, à chaud, à partir de la fraction F1 révèlent que seule la fraction S présente une action anthelminthique. Il était dès lors intéressant de caractériser chimiquement cette fraction S chez les trois algues.

L'analyse des acides aminés libres de la fraction S de chacune des trois algues, à l'aide d'un amino-acide analyseur Carlo-Erba type 3A-278, a révélé la présence de 14 acides aminés chez les trois espèces et permet de différencier *Alsidium* par l'absence de méthionine mais, surtout, par la présence d'acide kaïnique cet acide aminé oxyuricide faisant totalement défaut chez *Jania* et chez *Corallina* (1).

L'action anthelminthique comparée de l'acide kaïnique avec les trois algues, sur des Souris parasitées par Syphacia obvelata, montre que la "Mousse de Corse" apparaît beaucoup plus active (75% de déparasitation) que Jania (40% de déparasitation) tandis que Corallina est totalement inactive. La quantité d'acide kaïnique libre, relativement faible chez Alsidium (0,5 mg pour 100g de poudre) ne peut à elle seule expliquer l'action oxyuricide. On peut dès lors supposer qu'il existe un autre principe ou, plus simplement, que l'acide kaïnique est lié sous forme de complexe.

La mise en évidence de l'acide kaïnique chez la "Mousse de Corse" seulement nous a conduit à rechercher une diagnose chimique permettant d'identifier cet acide aminé de façon plus rapide que par chromatographie sur résines échangeuses d'ions.

DIAGNOSE CHIMIQUE

L'essai chromatographique sur couche mince que nous proposons est effectué sur le gel de silice GF 254 Merck. Le solvant de développement est représenté par la phase supérieure du butanol acétique de Partridge (n-butanol -acide acétique- eau : 4-1-5 v/v). Les dépôts correspondent à 10 µl de solution méthanolique d'algue (à raison de 1 ml de solution méthanolique pour 5g d'algue) et à 10 µl de solutions à 10 mg/ml d'acide kaïnique et de proline. Après migration sur une longueur de 12 cm la révélation s'effectue en pulvérisant une solution de ninhydrine (ninhydrine 0,3g - acide acétique 2g - n-butanol 100ml).

Cette chromatographie montre

- (1) pour Alsidium une tache de couleur jaune orangée et de Rf voisin de 0,25 identique à celui de l'acide kaïnique,
- (2) pour Jania et Corallina une tache de couleur jaune orangée mais de Rf voisin de 0,12 (la tache correspondant à l'acide kaïnique est absente).

On n'observe pas en chromatographie sur couche mince, pour ces trois algues, de tache correspondant à la proline bien que ce dernier acide aminé ait été identifié par chromatographie sur résines échangeuses d'ions.

CONCLUSION

Au cours de son utilisation en thérapeutique la Mousse de Corse a été de plus en plus fraudée au point d'être totalement substituée par d'autres espèces telles que Jania rubens et Corallina officinalis.

La diagnose morphologique et cytologique de ces trois algues permet de parfaitement caractériser la Mousse de Corse par l'absence de calcification et d'articulation, éléments toujours présents dans les deux autres espèces.

L'essai chromatographique permet de caractériser l'acide kaïnique, tache de couleur jaune orangée de Rf 0,25 uniquement dans la Mousse de Corse et une tache jaune orangée de Rf 0,12 seulement dans les deux autres espèces.

L'intérêt de ces diagnoses est justifié par l'action oxyuricide de la Mousse de Corse qui est très supérieure à celle de Jania rubens tandis que Corallina officinalis est totalement inactive.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- (1) BALANSARD, G.; GAYTE-SORBIER, A.; CAVALLI, C., 1982. Acides aminés de la "Mousse" de Corse" Alsidium helminthocorton Kützing, de Jania rubens Lamouroux et Corallina officinalis Linné. Ann. Pharm. Franç. 40, 527-534
- (2) BALANSARD, G.; PELLEGRINI, M.; CAVALLI, C.; TIMON-DAVID, P.; GASQUET, M., 1983, Diagnose et action anthelminthique de la "Mousse de Corse" Alsidium helminthocorton Kütz., de Jania rubens Lamour. et Corallina officinalis L. Ann. Pharm. Fr. 41(1), 77-86
- (3) CAVALLI, C., 1981 - Contribution à l'étude de la Mousse de Corse Alsidium helminthocorton Kützing. Thèse univ. Pharmacie, Aix-Marseille 2.
- (4) GARCAIN, J.B., 1906 - Recherche sur l' Alsidium helminthocorton du Golfe d'Ajaccio. Thèse Doct. Pharmacie, Montpellier.
- (5) MERAT; DELENS, 1831 - Dictionnaire de Matière Médicale et de Thérapeutique générale.

VALORISATION DES ALGUES MARINES EN COMPOSTAGE

Jean-Yves BÉCHU*, Pierrick POTOKY*, Claude CHASSE** & Dominique LE TRIVIDIC***

* C.A.P.M. Quatre-Vaulx B.P. 1 - N.D. du Guildo 22380 SAINT-CAST LE GUILDO

** Faculté des Sciences - Institut d'Etudes Marines - Av. Le Gorgeu 29200 BREST

*** Maison des Algues - PAIMPONT - 35380 PLELAN-LE-GRAND

La valeur agronomique et la rentabilité économique du compostage de déchets organiques d'origine forestière dépendent de la vitesse du processus de biodégradation de végétaux à haute valeur cellulolytique et lignolytique et d'une bonne teneur en éléments fertilisants (éléments majeurs, oligo-éléments) (1)(2). En raison des caractéristiques spécifiques propres aux algues brunes et vertes, nous avons étudié le comportement et les effets de ces algues sur la fermentation aérobique de compost agro-forestier (bois broyés et/ou fientes animales) afin d'accélérer la vitesse de fermentation et d'améliorer la qualité agronomique du produit final. Pour cela, nous avons édifié 24 piles de compost de 10 à 30 m³, composées d'algues et/ou de fientes et/ou de végétaux terrestres - c'est-à-dire 400 m³ de matériaux ou 66 tonnes d'algues - 130 tonnes de bois - 50 tonnes de fientes animales.

. Bois : Chêne, Orme, Peuplier, Châtaignier, Pin maritime, Saule, Platane, Hêtre, Bouleau, Cupressus.

. Algues : *Ulva lactuca* / *F.serratus* / *F.vésiculosus* / *L.digitata* / *L.hyperborea* / *L.saccharina* / *Ascophyllum nodosum*.

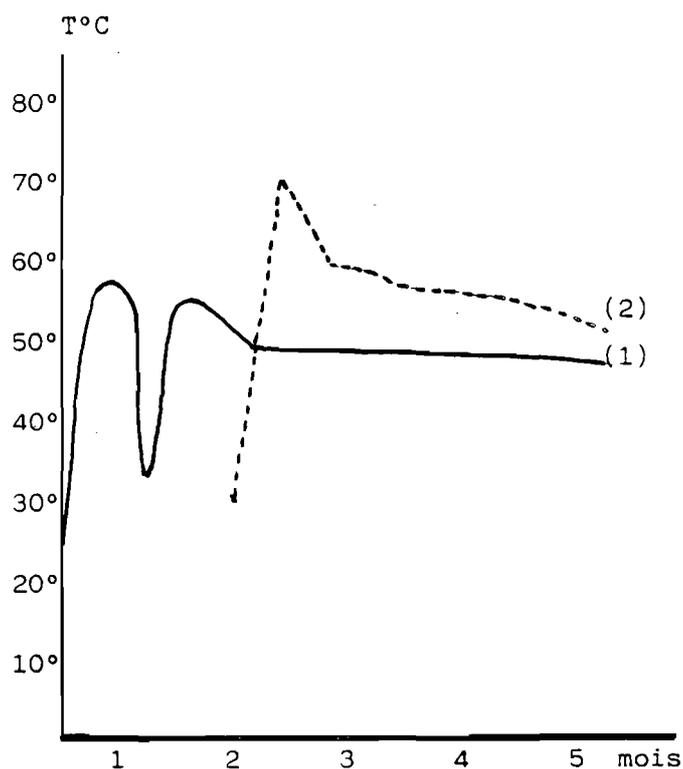
Nous avons donc recherché principalement les effets de ces algues sur l'optimisation de la fermentation aérobique, sur la structure mécanique du compost, sur le développement de souches bactériennes, sur la siccité, la salinité, le pH. du substrat, sur la qualité humifère du produit fermenté.

Premiers résultats - Le dépouillement de nos observations n'est pas terminé à ce jour. Néanmoins, nous pouvons conclure les points suivants :

- a)-L'algue brune (*F.serratus*) et l'algue verte (*Ulva lactuca*) augmentent sensiblement la température d'une fermentation aérobique thermophile d'un compost agro-forestier (voir Figures 1 et 2)
- b)-Les algues précitées, dans des conditions d'humidité et d'aération spécifique, accélèrent la biodégradation de végétaux terrestres et de fientes animales. Elles favoriseraient le développement de certaines souches de micro-organismes, cellulolytiques et lignolytiques (micro-organismes en cours d'identification). La durée de dégradation peut être réduite d'un facteur deux à trois. Le retournement (aération) peut être réduit d'un facteur deux à trois selon la méthode utilisée.
- c)-Les algues (*Ulva lactuca*, *F.serratus*, *F.vésiculosus*, *L.hyperborea*, *L.digitata*, *L.saccharina*) donnent au produit final une valeur agronomique supérieure à un seul compost agro-forestier - Essais agronomiques en cours - augmentation sensible des oligo-éléments et des éléments majeurs (voir Tableaux 1 et 2).
- d)-Les algues assureraient au produit final un contenu antifongique et non pathogène appréciable - auto-pasteurisation - Les premiers essais sur culture et sous serre sont en cours : résultats à la mi-1983.

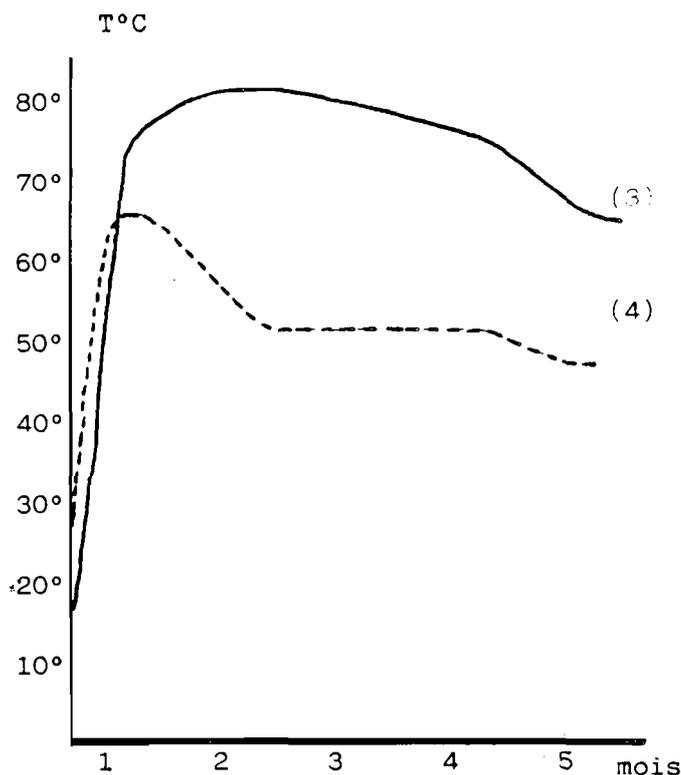
COMPOSTAGE

Figure 1



Courbe (1) : bois sans algues
 Courbe (2) : bois avec incorporation d'algues

Figure 2



Courbe (3) : Bois+Fucus serratus
 Courbe (4) : Bois sans algues

Tableau 1 : Algues et teneur en éléments majeurs dans le compost

	N Total	P	CaO	MgO	K
Ecorces peuplier	0,75	0,26	3,9	0,33	0,61
Ecorces peuplier + Fucus	0,88	0,27	7,4	0,61	1,02
Peuplier + Ulves	0,93	0,42	6,2	0,46	0,29
Ecorces peuplier + Fucus	0,84	0,37	11,4	0,58	0,69
Platane + Algues	1,16	0,58	10,2	0,69	0,75

Tableau 2 : Algues et teneur en oligo-éléments dans le compost

Oligo-éléments	Bois + Algues	Bois
Magnésium ‰	2,47	0,45
Fer ‰	1,98	0,36
Cuivre mg/Kg	4,7	1,8
Manganèse mg/Kg	4,0	4,0
Soufre ‰	0,5	0,3
Bore mg/Kg	0,35	0,1
Molybdène mg/Kg	9	3,8

Outre le compostage, la valorisation des algues marines est aussi étudiée en alimentation où des essais sont en cours (3) et en méthanisation (4), (5), (6), (7), le Centre disposant pour cela d'une unité de méthanisation composée d'un digesteur expérimental de 10 m³ et d'un digesteur de 40 m³ construit par la SEMA. L'association compostage/méthanisation sera prochainement étudiée.

Remerciements

Ces expérimentations n'auraient pas pu être entreprises si nous n'avions reçu les soutiens techniques et scientifiques : de l'Institut d'Etudes Marines de l'Université de Brest, de la Direction Départementale et de la Chambre d'Agriculture des Côtes-du-Nord, de la Direction Départementale de l'Action Sanitaire et Sociale, de la Maison des Algues de Paimpont, du Centre de Recherches d'Etudes et de Promotion des Technologies Appropriées en Bretagne, de la Société Entreprise Métallurgique d'Armor. Nous les remercions vivement ainsi que les organismes qui nous ont octroyé les crédits de premières recherches, à savoir : l'Etablissement Public Régional, le Conseil Général des Côtes-du-Nord, la Mutualité Sociale Agricole, la Caisse de Prévoyance des Cadres PRECA, l'Etablissement National des Invalides de la Marine E.N.I.M., l'Association Générale de Retraite par Répartition, le Lionnisme International, et des personnes privées.

Bibliographie

- (1) CEMAGREF "Potentiel-récolte et utilisation de la Biomasse forestière méditerranéenne - Mai 1981 - Groupement Aix-en-Provence-Div.DFCI, Etude n°27
- (2) F.BINGGELI utilisation agronomique de Broussailles compostées - Revue Horticole Suisse, vol.53 n°1-Janv.1980
- (3) GAULT ET MILLAU "n° spécial Bretagne" Août 1982
- (4) CHEYNOWETH D § Coll. 1980 "Biothermal gasification of biomass" Energy from Biomass and Wastis IV (Symposium)
- (5) FRANCK J.R. 1980 Studies improve biomass to SNG Conversion - Hydrocarbon processing Avril 1980
- (6) ATKINSON 1976 Méthane distribution and production in the Georgia salt marsh - Estuarine and Coastal - Marine Science - 4.677-686
- (7) CHASSE-KERAMBRUN-LEGAL-TREGUER Biomasse Algale de Bretagne (Rapport de contrat avec Etablissement Public Régional de Bretagne-1982 (2ème édition)

ACCUMULATION DU ZINC CHEZ *TYPHA LATIFOLIA*

Gérard BLAKE*, Janine GAGNAIRE-MICHARD**, Bernard KIRASSIAN**,
Jacques REBECQ* & Toshide YASUDA*

* Département d'Ecologie-Biologie Université de Savoie BP 1104 73011 CHAMBERY CEDEX
** C.E.N.G. Laboratoire de Biologie Végétale B.P. 85 X 38041 GRENOBLE CEDEX

INTRODUCTION

L'introduction croissante et donc l'accumulation des métaux lourds dans l'environnement posent des problèmes préoccupants liés à leur toxicité tant pour l'homme que pour les biocénoses.

De nombreuses études font état de la pollution des écosystèmes (aquatiques et terrestres) par les métaux lourds ; particulièrement le ZINC est le plus répandu des métaux dans les eaux douces (2).

Dans les systèmes aquatiques, la plus grande partie du ZINC s'accumule dans les sédiments. Les concentrations dans l'eau sont en général peu élevées par suite de la précipitation physicochimique. Le compartiment biotique (végétaux en particulier) constitue un pôle important d'accumulation.

Certains macrophytes aquatiques, dont les Typhacées, ont montré une bonne résistance aux métaux lourds (7) et une capacité d'accumulation de ceux-ci (3 et 8).

La présente étude a pour objet de déterminer les facteurs de concentration en ZINC qui peuvent être obtenus avec l'espèce *Typha latifolia* dans un milieu pollué, ainsi que sa répartition entre les organes souterrains (racines et rhizomes) et chlorophylliens (feuilles).

1. - MISE EN CULTURE DU MATERIEL BIOLOGIQUE ET DOSAGE DU ZINC

Des Typhas prélevés dans le milieu naturel sont transplantés dans des bacs de culture en polyéthylène sur un milieu de culture hydroponique.

Le ZINC est introduit dans la solution nutritive (Hocgland modifié(4) soit sous forme de sulfate de zinc hydraté, aux concentrations 0-1-10-20 mg/l, soit sous forme complexée à l'EDTA.

Les échantillons sont séchés à 100° C, calcinés à 450° C, traités par l'acide nitrique en excès, calcinés de nouveau à 450° C et repris avec de l'acide chlorhydrique. Le zinc est dosé par spectrométrie d'absorption atomique (Varian Techtron 1100).

2. - RESULTATS

2.1. Concentrations du ZINC dans les différents organes végétaux en fonction des concentrations du milieu (fig. 1).

Dans l'expérience utilisant le sulfate de zinc, la concentration en ZINC dans les organes s'accroît en général lorsque la teneur du milieu augmente dans la gamme de 0 à 20 mg/l. Il semble que la translocation du zinc vers les feuilles soit liée à sa possibilité de pénétration dans le cylindre central racinaire ; Mac LEAN et JONES ont décrit le même type de phénomène (6) en étudiant l'absorption de zinc chez les bryophytes aquatiques.

Le facteur de concentration apparente (FCA) (a) est le plus fort pour la solution de 1 mg/l. Lorsque la teneur en zinc du milieu passe de 10 à 20 mg/l, il reste pratiquement constant dans les feuilles.

Pour le zinc complexé à l'EDTA, les facteurs de concentration sont beaucoup plus faibles (5).

$$(a) - FCA = \frac{\text{mg d'élément/kg de matière végétale sèche}}{\text{mg d'élément/concentration du milieu nutritif}}$$

Fig. 1.

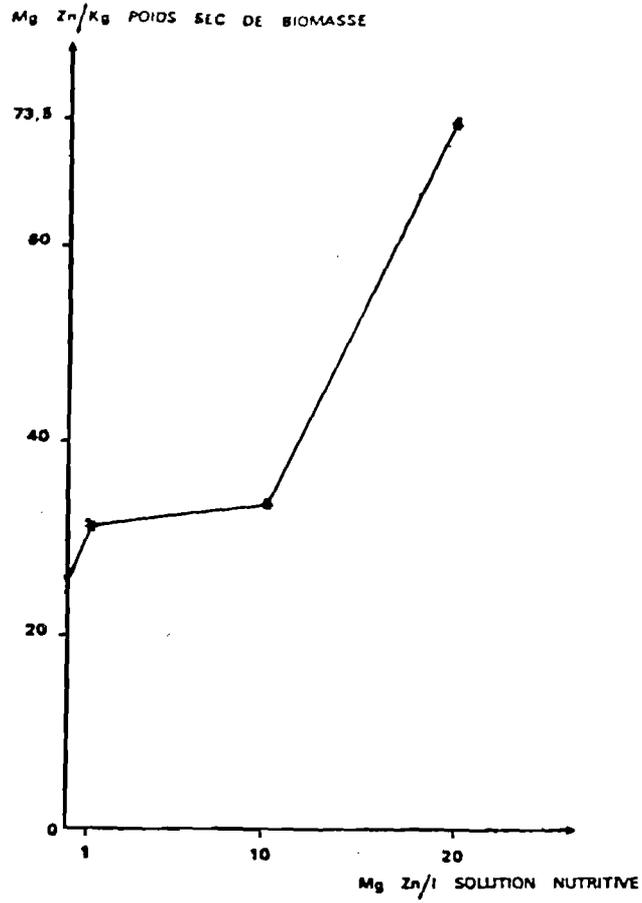
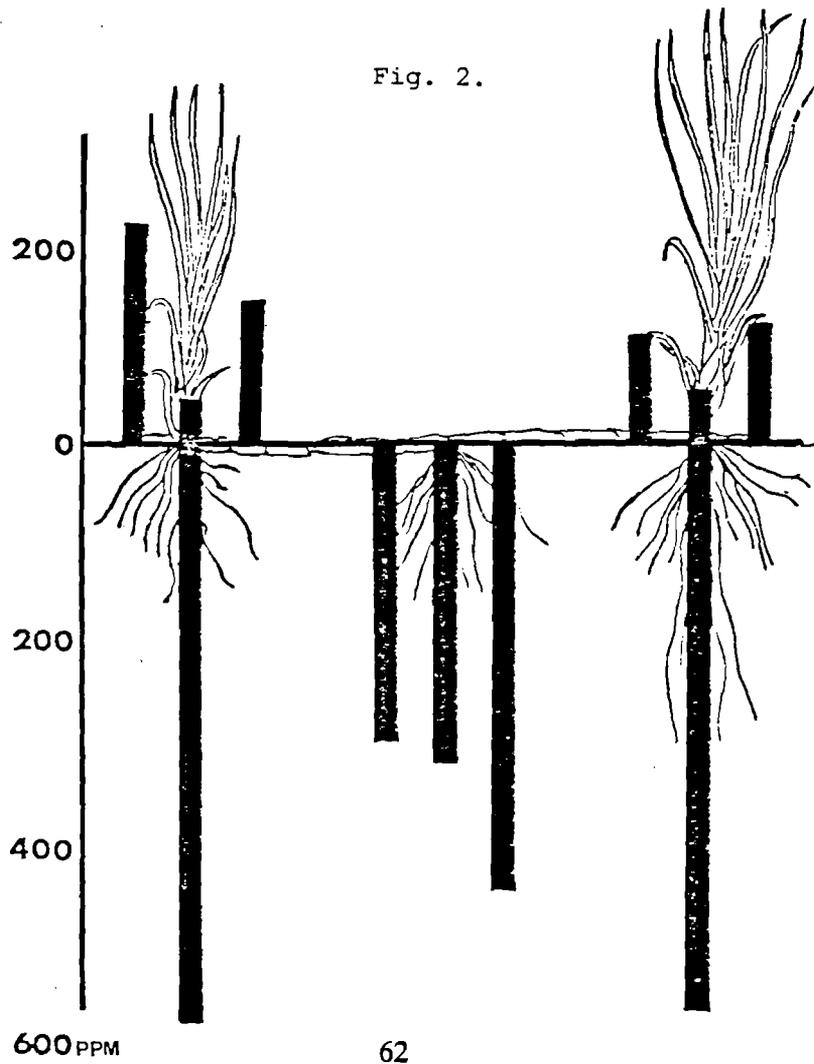


Fig. 2.



2.2. Répartition du zinc dans les différents organes de la plante (fig. 2)

Les concentrations les plus fortes sont trouvées dans les parties souterraines de la plante. Les valeurs les plus importantes sont atteintes dans les racines, respectivement 580, 540 et 328 ppm pour les racines partant de la tige principale, de la nouvelle pousse et du rhizome. Les concentrations de zinc dans les rhizomes sont élevées, et varient toutefois entre 117 et 448 ppm, suivant le diamètre de cet organe, avec prédilection pour les deux extrémités du rhizome au voisinage des tiges ; la légère augmentation obtenue au niveau du segment médian est peut-être liée à la présence des racines.

Dans les feuilles, les teneurs sont plus faibles que dans les racines. L'accumulation dans les feuilles est en relation avec l'état de croissance (phénomène montré par ailleurs : 1). De plus, la teneur augmente graduellement de la base vers le sommet, mettant en évidence le transfert du zinc vers la partie apicale de la feuille.

Des études complémentaires, à l'aide d'un traceur radioactif ^{65}Zn , sont effectuées au laboratoire de Biologie végétale du Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble. Cette technique permettra de suivre les transferts de zinc dans la plante, ainsi que les échanges qui peuvent se produire entre la plante mère et les nouvelles formations issues des bourgeons latéraux.

L'absorption et la répartition du zinc suivant le stade de développement des plantes devront être précisées, ainsi que les quantités totales accumulées par les différents organes, afin d'optimiser l'utilisation de ces plantes -par faucardage- dans le cadre d'un lagunage à macrophytes.

Bibliographie

- (1) CARLES (J.) et PULOU (R.) 1971. - La résistance à la toxicité du zinc. *Oecol. Plant.*, 6 319 - 328.
- (2) FLORENCE (T.M.) 1980. - Speciation of zinc in Natural Waters. In J.O. Nriagu, Ed., Zinc in the Environment, Part. I : Ecological Cycling. Wiley. Interscience, New-York.
- (3) GUILIZZONI (P.) 1975. - Manganèse, Copper and Chromium Content in Macrophytes of Lake Endine (Northern Italy). *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 32 313 - 332.
- (4) LEE (C.R.), LANDIN (M.C.), et STURGIS (T.C.) 1981. - Heavy metal uptake by marsh plants in hydroponic solution cultures. *J. of plant nutrition*, 3 (1-4) 139 - 151.
- (5) MATHYS (W.) 1980. - Zinc tolerance by Plants. In J.O. Nriagu, Ed. Zinc in the Environment, Part. II : Health Effects. Wiley Interscience, New-York, 415 - 437.
- (6) Mc LEAN (R.O.) et JONES (A.K.) 1975. - Studies of Tolerance to Heavy Metals in the Flora of the livers Ystwyth and Claract, Wales. *Freshwat. Biol.*, 5 431 - 444.
- (7) Mc NAUGHTON (S.J.), FOLSOM (T.C.), LEE (T.), PARK (F.), PRICE (C.), HOEDER (D.), SCHMITZ (T.) et STOCKWELL (C.) 1974. - Heavy Metal Tolerance in Typha latifolia without the Evolution of Tolerant Races. *Ecology*, 55 1163 - 1165.
- (8) MUDROCH (A.) et CAPOBIANCO (J.) 1978. - Study of Selected Metals in Marshes on lake Saint-Clair, Ontario, *Arch. Hydrobiol.*, 84 (1) 87 - 108.

ÉPURATION DES EAUX DE RUISSELLEMENT DE CHAUSSÉE PAR LAGUNAGE

Gérard BLAKE, Michel MARTIN-BOUYER & Marc WITTENBERG

Département Ecologie-Biologie - Université de Savoie B.P. 1104 73011 CHAMBERY CEDEX

INTRODUCTION

A côté des pollutions d'origine domestique ou industrielle, les précipitations peuvent être à l'origine de pollutions diffuses dont les conséquences sur le milieu naturel sont loin d'être négligeables. Nous traiterons dans notre cas des pollutions créées par les eaux de ruissellement de chaussée et de leur traitement par lagunage.

POLLUTION PAR LES EAUX DE CHAUSSEE

Routes et autoroutes sont des sources de pollution des eaux de surface (1) et (2) :

- pollution accidentelle lors d'un accident de véhicules transportant des matières dangereuses (hydrocarbures, substances chimiques toxiques),
- pollution saisonnière, due aux sels de déverglaçage (NaCl, CaCl₂),
- pollution chimique, causée par les véhicules (hydrocarbures, Pb, Zn...).

Aussi, les eaux de ruissellement, drainant les chaussées, sont diversement chargées selon l'importance du trafic, des pluies et selon la topographie des lieux (3) :

Types de polluants	MES	DCO	Métaux		Hydrocarbures
			Pb	Zn	
Concentrations moyennes (mg/l)	200	80	1	0,5	1 à 20
Concentrations maximales (mg/l)	1 600	400	250	3	

Pour protéger le milieu environnant en ses points les plus sensibles, un système simple tel qu'un lagunage semble tout indiqué.

ESSAIS DE LAGUNAGE

Il existe, dans le domaine du traitement des eaux de chaussée, des possibilités de détournement et de décantation (4) ; de notre côté, pendant trois ans, nous avons étudié les potentialités épuratrices vis-à-vis des métaux lourds d'un système à lagunage à macrophytes sur un pilote placé en bordure d'une voie rapide urbaine. Ce système permet de travailler sur des eaux de ruissellement réelles.

Une fois collectées, les eaux sont épanchées dans des bacs de grandes dimensions (5 m x 1 m), plantés de macrophytes poussant sur différents substrats (billes de verre, sable, tourbe). Le temps de séjour est de 10 à 15 jours, temps minimal nécessaire aux végétaux pour assimiler des métaux.

Nous avons utilisé préférentiellement comme macrophytes *Typha latifolia* pour sa grande rusticité et sa forte capacité d'accumulation métallique (5).

Les rendements épuratoires de chaque élément des lagunes ont été calculés en mesurant les concentrations en Pb et Zn des eaux, végétaux et sédiments à l'amont et à l'aval. Il a été tenu compte de la variation de biomasse et de la pluviométrie pendant chaque expérimentation.

RESULTATS

Le tableau suivant précise nos résultats.

Année	Végétaux	Sédiments	Pb	Zn
1979	<i>Typha latifolia</i>	Bille de verre	95 %	
		Sable	100 %	
	<i>Lemna gibba</i>	Bille de verre	85 %	
		Sable	100 %	
1980	<i>Typha latifolia</i>	Bille de verre	100 %	90 %
		Sable	100 %	85 %
		Tourbe	100 %	90 %
1981	<i>Typha latifolia</i>	Sable	45 %	95 %
		Tourbe	50 %	95 %

Rendements globaux d'épuration, selon les conditions expérimentales.

Ces résultats indiquent une bonne épuration des eaux de chaussée (6).

Les résultats observés en 1981, moins satisfaisants pour l'épuration du plomb, sont dus à des conditions expérimentales plus contraignantes (temps de séjour ramené à 10 jours, conditions climatiques très défavorables).

Nous avons pu également délimiter les rôles respectifs de chaque compartiment : l'absorption par les végétaux intervient pour 15 à 20 % dans l'épuration globale, le reste étant le fait de la décantation, puis de l'adsorption sur les sédiments (liaisons avec les argiles et les composés organiques).

BIBLIOGRAPHIE

- (1) *Symposium sur le drainage des routes, organisation de coopération et de développement économique, Paris, 1978.*
- (2) *Service d'études techniques des routes et autoroutes (SETRA), Protection des eaux, pollution d'origine routière - Note d'information technique, janv. 1980.*
- (3) JACQUES J.C. *Thèse de docteur de spécialité. 1981*
Influence des ruissellements d'origine autoroutière sur la biogéochimie d'étangs du Gâtinais - UER de Sciences Fondamentales et Appliquées ; Université d'Orléans (7-81).
- (4) *Ministère des Transports - Direction Générale des transports intérieurs. Protection des eaux contre la pollution d'origine routière. Division des liaisons interurbaines du SETRA - Avril 1982.*
- (5) McNAUGHTON, S.J. ; FOLSOM, T.C. LEE, T. ; PARK, F. ; PRICE, C. ; HOEDER, D. ; SCHMITZ, T. et STOCKWELL, C. 1974 - *Heavy Metal Tolerance in Typha latifolia without the Evolution of Tolerant Races. Ecology, 55, 1163-1165.*
- (6) BLAKE G. - *Epuration biologique des eaux de chaussée - CETE Lyon - Université de Savoie - II, 80 p. rapport d'étude. 1980*

CHOIX DES MACROPHYTES DANS UN SYSTÈME D'ÉPURATION

G. BLAKE* & M. VUILLOT**

* Département Ecologie-Biologie - Université de Savoie B.P. 1104 73011 CHAMBERY CEDEX

** CEMAGREF, Division Qualité des Eaux Pêche et Pisciculture, 3 quai Chauveau 69009 LYON

INTRODUCTION

Les capacités d'épuration par les plantes aquatiques vasculaires (Macrophytes) ont été démontrées par de nombreux auteurs (1, 2, 3,), depuis près de vingt cinq ans. Ce rôle de la végétation aquatique est mis en valeur par la forte productivité de ces plantes. L'utilisation de ces végétaux, dans un système de lagunage, peut contribuer à une amélioration du rendement d'épuration dans la mesure où l'espèce est choisie en fonction des caractéristiques de l'effluent et du type d'installation.

1. -CHOIX DE L'ESPECE DE MACROPHYTE

1.1. Principaux groupes

De nombreuses espèces de macrophytes sont potentiellement utilisables en épuration des eaux. Elles peuvent se distinguer d'après leurs caractéristiques écologiques ; en pratique, les espèces réellement employées sont actuellement au nombre d'une demi-douzaine.

- Macrophytes émergés : la biomasse se répartit entre une partie aérienne comprenant tiges et feuilles et un ensemble d'organes souterrains (rhizomes et racines). Pour ces végétaux, l'assimilation des éléments nutritifs se fait en majeure partie dans les sédiments ou au voisinage de ceux-ci (*Phragmites*, *Typha*) ; les parties souterraines accumulent les réserves et les parties vertes émergées participent activement à l'assimilation chlorophyllienne. La biomasse aérienne est facilement exportable.

- Macrophytes flottants : la majeure partie de la biomasse se développe à la surface de l'eau, en formant une couverture végétale qui peut modifier les conditions physicochimiques et biologiques sous-jacentes. Ces plantes sont bien entendu sensibles aux déplacements superficiels de l'eau ; elles fournissent une biomasse exploitable en continu pendant le cycle végétatif.

- Macrophytes immergés : toute la biomasse est pratiquement immergée et le développement de ces plantes est très lié à la pénétration de la lumière dans le milieu (facteur limitant en lagunage).

1.2. Fonctions essentielles des macrophytes

Dans un lagunage, les macrophytes jouent un ensemble de fonctions complémentaires qui permettent d'améliorer le rendement d'épuration du système, ainsi principalement :

- Ils supportent des organismes épurateurs (périphyton).
- Ils Epurent les eaux par accumulation d'éléments nutritifs (cf. tableau 1).
- Ils favorisent la sédimentation des particules en suspension (macrophytes enracinés) par modification de l'écoulement de l'eau dans les bassins.
- Ils améliorent la stabilité écologique du système (organismes à long temps de vie).

TABLEAU 1- (d'après (1).) : teneurs en nutriments dans les parties récoltables (en kg/ha)

	Azote	Phosphore
Macrophytes émergés (<i>Sc. lacustris</i> ; <i>Ph. australis</i>)	260 - 270	35-50
Macrophytes flottants (Lemnacées)	700	120
Macrophytes immergés (<i>Myriophyllum</i> sp.)	80	8

2. - INTEGRATION DES MACROPHYTES DANS LES SYSTEMES D'EPURATION.

2.1. Lagunage naturel

Des "lagunes à Macrophyte" (implantées en végétaux aquatiques à rhizome) peuvent être intégrées à la filière d'épuration. Généralement au niveau du deuxième ou troisième étage de traitement. Les lagunes doivent alors être spécialement conçues : profondeur plus faible (20 à 50 cm) sur tout ou partie du bassin, apport de matériau meuble permettant un bon enracinement. Il est de plus nécessaire de planter les végétaux (5 à 10 pieds au m²) de manière à obtenir une couverture végétale dense. (4)

Le recours aux macrophytes amène des contraintes supplémentaires d'exploitation. En revanche, ils contribuent à l'épuration notamment réduction des matières en suspension. (cf. tableau 2).

Des macrophytes flottants peuvent se développer dans des bassins de lagunage (lentilles d'eau par exemple). Les végétaux ont une action positive sur le traitement dans la mesure où ils sont régulièrement récoltés (3 à 4 récoltes durant le cycle végétatif). La récolte permet en particulier une exportation significative d'azote et de phosphore (cf. tableau 2). En l'absence de récolte, ces mêmes végétaux ont une incidence négative sur le fonctionnement de l'installation : augmentation importante du volume des dépôts, réduction de l'activité phytoplanctonique, baisse de la teneur en oxygène dissous (5).

2.2. Lits à Macrophyte

Il s'agit de séries de bacs étanches, garnis de graviers, drainés et plantés de végétaux aquatiques à rhizome. L'effluent percole à travers le substrat.

Le premier étage de traitement peut comporter plusieurs bacs en parallèle, alimentés alternativement, les végétaux utilisés doivent alors supporter une immersion temporaire (phragmites) (6, 7).

La percolation de l'effluent garantit un bon abattement des matières oxydables et des matières en suspension. Les végétaux ont un rôle décolmatant vis à vis du substrat en période de croissance. (cf. tableau 2).

L'exportation d'azote et de phosphore lors de la récolte des parties aériennes des végétaux est peu importante (8).

TABLEAU 2.- : Rendements d'épuration de différents systèmes à macrophytes
(Variation en pourcentage des concentrations ou flux entrée-sortie).

	DCO	DBO	MES	Nk	Pt
lagunage à macrophytes (Porquerolles).	*	*	*	55	60
lagunage à macrophytes flottants (lentilles d'eau : Chaucenne).	73	92	67	92	75
lits à macrophyte (St Bohaire).	92	95	97	55	40

* Traitement complémentaire -Niveau de sortie :
DCO : 100 mg/l - DBO : 20 mg/l - MES : 40 mg/l

REMARQUE : Les valeurs ci-dessus sont données à titre purement indicatif, elles ne peuvent être interprétées qu'en référence aux conditions de fonctionnement des installations. On se reportera aux rapports d'étude correspondants (bibliographie ci-dessous).

2.3. Autres systèmes

- "pseudo-lagunage" : utilisation des potentialités de milieux marécageux naturels (Luxembourg, USA).
- "canaux à macrophyte" : s'apparentant aux lagunes à macrophyte (Pays-Bas).
- Bacs de culture de lentilles d'eau (Italie).

CONCLUSION

Les macrophytes offrent des possibilités d'épuration satisfaisantes dans la mesure où ils sont mis en oeuvre à bon escient, correctement intégrés dans les filières d'épuration, et entretenus normalement. Le choix des espèces utilisées devra prendre en compte non seulement leurs performances épuratoires, mais aussi, condition nécessaire au fonctionnement pérenne des installations, leur adaptation aux caractéristiques du site dans lequel elles sont utilisées.

BIBLIOGRAPHIE.

- (1) BLAKE G. et DUBOIS J.P., 1982. - *L'épuration des eaux par les plantes aquatiques*
Paris. AFEE édit. 80 p.
- (2) DE JONC J. 1975. - *Jonquières et Roselières : processus d'épuration des eaux usées*
Intern. Cont. on Biol. Water Quality Improv. Altern. 3-5 mars 1975.
Philadelphia USA
- (3) SEIDEL K., 1971. - *Macrophytes as functional elements in the environment of man.*
Hydrobiol. 12 121-130.
- (4) CTGREF. - *Agence de Bassin Loire Bretagne : Lagunage naturel et lagunage aéré procédés d'épuration des petites collectivités.* Juin 1979.
- (5) CEMAGREF.- AFME *Biomasse dans les lagunes d'épuration : Biomasse végétale récoltable dans les lagunes d'épuration de Chaucenne (Doubs).* Valbonne mai 1982.
- (6) CTGREF *Utilisation des Végétaux aquatiques dans les procédés d'épuration biologique.* - Mission de M. Vaucouloux aux Pays-Bas et en RFA. Juin 1978.
- (7) CTGREF - ENGREF *Les lits à macrophytes.* Mai 1980.
- (8) CEMAGREF *Etude du fonctionnement des installations de traitement des eaux usées par lits à macrophytes à St Bohaire (41).* Janvier 1981.

RÉFLEXIONS SUR LES PROBLÈMES D'ALGOCULTURE A PARTIR
D'UNE EXPÉRIMENTATION SUR *GRACILARIA VERRUCOSA*

Marcel BODARD & Thierry STADLER

Université de Lille I, Laboratoire d'Algologie et de Biologie Végétale marine
U.E.R. de Biologie - SN2 59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

I - INTRODUCTION

Les essais de cultures en bacs de *Gracilaria verrucosa* (Gracilariacées, Gigartinales) réalisés à la Station marine de Wimereux (Pas-de-Calais) permettent de définir trois directions de recherche étroitement liées entre elles :

- mise au point et analyses des techniques culturales,
- recherche d'une méthodologie dans la sélection des algues,
- acquisition d'une connaissance parfaite de la cinétique des produits finis obtenus que ce soit dans une optique de production industrielle (agar) ou d'une production énergétique.

II - METHODES ET RESULTATS

Les techniques culturales utilisées à Wimereux ont permis l'acquisition d'un savoir-faire concernant la forme et la disposition des bacs de culture, l'agitation de l'eau, le taux d'ensemencement des cultures, la présence d'engrais dans l'eau, la lutte contre les épiphytes et les crustacées. L'algue expérimentée est *Gracilaria verrucosa*, mais des essais sur *Chondrus crispus* et *Gigartina stellata* ont été également tentés.

II₁ - Les cuves de culture

La structure, la forme et la couleur des bacs ont une incidence sur la température de l'eau, l'agitation, la lumière et sur le développement des épiphytes végétaux.

Les plus grands bacs rectangulaires utilisés lors de nos expériences, d'une surface de 2 m² et de 60 cm de hauteur sont recouverts d'une bache en poly-vinyl chlorure blanche ou noire. On constate une température de l'eau supérieure de 0,5 à 4° dans les cuves noires et une moindre proli-

fération des épiphytes.

Ce type de matériel autorise des expériences à caractère semi-industriel et surtout l'étude du comportement des gracilaires en plein air. Nous envisageons pour l'avenir d'utiliser des bacs de 10 m² de surface arrondis aux extrémités pour faciliter la circulation de l'eau.

II₂ - Agitation de l'eau

L'agitation de l'eau a pour unique but de permettre aux algues de se mouvoir librement dans les bacs et d'être ainsi dispensées de tout support naturel ou artificiel. Il n'est pas concevable, en effet, d'envisager une fixation des algues dans le cadre d'une culture industrielle en cuve.

Des essais par air comprimé et par air pulsé ont montré que la seconde solution était la plus efficace. Une agitation mécanique telle qu'elle est pratiquée au Canada est également envisageable, mais n'a pas encore fait l'objet d'études dans nos installations.

II₃ - L'ensemencement

L'ensemencement de départ joue également un rôle déterminant dans la croissance des algues, mais le choix reste délicat. Les très faibles ensemencements favorisent un développement important des algues mais simultanément une prolifération des épiphytes (2, 8) et les valeurs très élevées un appauvrissement rapide du milieu qui diminue la production.

Il convient de trouver un juste équilibre entre densité d'ensemencement et possibilité de récolte. Mais il faut également faire intervenir dans ces données la distribution et la qualité des engrais et qualité des souches.

II₄ - Les engrais

L'enrichissement de l'eau permet une augmentation du taux de croissance, le choix des engrais et leur concentration, leur mode de distribution sont autant de facteurs qui interviennent à la fois dans la production de matière vivante, de matière sèche ou de phycocolloïdes.

Il faut lorsque l'on parle des apports d'engrais définir le choix entre les données *in vitro* (7), *in situ* (4) et la sauvegarde de l'environnement.

Dans les installations de Wimereux plusieurs protocoles de distribution d'engrais ont été utilisés : un apport tous les 15 jours, un apport journalier à heure fixe suivi d'un relevé des quantités d'engrais retrouvées dans l'eau en fin de circuit et enfin des essais avec différents composés. On peut résumer ces résultats en disant que le nitrate de K favorise le développement des Cyanophycées, le nitrate d'ammonium celui du phytoplancton et le chlorure d'ammonium celui des Diatomées en même temps que celui des algues de cultures.

Les quantités utilisées définies par KLING (7) sont de 3 mg.l^{-1} d'N et de 1 mg.l^{-1} P, quelque soit le composé chimique utilisé.

Dans tous les cas, les résultats sont hétérogènes et appellent deux remarques : d'une part, une grande quantité d'engrais n'est pas utilisée et rejetée à la mer (11) et d'autre part, les résultats des témoins avec et sans engrais ne sont pas significativement différents (1).

II₅ - Les prédateurs

La présence d'Amphipodes et d'Isopodes dans les cultures occasionne des baisses de productivité de l'ordre de 30 %. En effet, les Idotées consomment journalièrement 20 % de leur poids de *gracilaires* contre 4 à 5 % pour les Gammares (9). Mais ces crustacées consomment également de grandes quantités de micro-algues et d'épiphytes et limitent ainsi leur prolifération (3). En conséquence, il convient de ne pas les erradiquer totalement, mais de réguler leur nombre en fonction des saisons et de la densité d'algues en introduisant uniquement des individus de sexe mâle (10).

III - CONCLUSION

L'amélioration des productions en culture passe par une connaissance approfondie de la physiologie des populations de *gracilaires* et des individus.

Parmi ces individus et ces populations une sélection des thalles à rendement élevé en agar s'avère nécessaire (6). Cette sélection implique la connaissance de la biochimie des algues et de leur physiologie dans le sens d'une production maximale d'agar (5). Pour caractériser les souches, différentes approches ont été tentées utilisant, en particulier (6), l'électrophorèse de protéines solubles.

IV - BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BODARD M., J. MOLLION, D. CHRISTIAEN et T. FOUCHER, 1980. - Réflexions sur la culture industrielle des algues rouges. *Vie Marine* 2 : 9-24.
- 2 - BODARD M., D. CHRISTIAEN et T. FOUCHER, 1981. - Culture, exploitation et biochimie des algues rouges fournisseur des agar-agar et carraghe-nanes. Rapport D.G.R.S.T. n°76.30.70274, Paris, 68 p.
- 3 - BRAWLEY S.M. et W.H. ADEY, 1981. - The effects of micrograzers on algal community structure in a coral reef microcosm. *Mar. Biol.* 61 : 167-177.
- 4 - CHRISTIAEN D., 1981. - Etude biochimique de l'agar-agar de *Gracilaria verrucosa* (Gracilariacées-Gigartinales). Facteurs biologiques et biochimiques influençant la qualité et la production industrielle. Thèse de 3ème Cycle, Université de Lille I, 103 p.
- 5 - CHRISTIAEN D. et H. MORVAN, 1986. - Biochimie et physiologie de la production d'agar chez *Gracilaria verrucosa*. Communication Affichée n° 27, Colloque VALVA, Bombannes, 16-19 novembre 1982.
- 6 - DESTOMBE C., 1986. - Approche des méthodes de sélection chez quelques Rhodophycées cultivées. Communication Affichée n° 31, Colloque VALVA, Bombannes, 16-19 novembre 1982.
- 7 - KLING R., 1978. - Recherche sur les conditions optimales de croissance de *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenfuss (Gigartinales-Gracilariacées). Thèse de 3ème Cycle, Université de Lille I, 157 p.
- 8 - NEISH I.C., L. BRUCE et B.S. KNUTSON, 1977. - The significance of density suspension and water movement during the commercial propagation of macrophyte clones. *IXth Int. Seaweed Symposium*, Santa-Barbara (Californie), p. 451-461.
- 9 - SCHACKLOCK P.F. et G.B. CROFT, 1981. - Effects of grazers on *Chondrus* in culture. *Aquaculture* 22 : 331-342.
- 10 - STADLER T., 1982. - Suivi de croissance et conditions de productivité de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss. D.E.A., Université de Lille I, 47 p.
- 11 - VAN DE WALLE K., 1981. - Production de masse de trois espèces d'algues rouges à phycocolloïdes. Mémoire Ingénieur-Agronome, Université libre de Bruxelles, Faculté des Sciences, 88 p.

MÉTHANOL À PARTIR DE JACINTHE D'EAU

Marc BOILLOT*, Philippe GIRARD*, Christian AUBART** & Sylvain FAUCHILLE**

* E.D.F., Direction des Etudes et Recherches, Division TEN, 6, Quai Watier
78400 CHATOU

** E.M.C., Laboratoire de la S.C.P.A., Aspach-le-Bas 68700 CERNAY

I — INTRODUCTION

L'idée développée par E.D.F. et E.M.C. consiste à associer une unité de fermentation méthanique à une unité de synthèse du méthanol en utilisant comme substrat la jacinthe d'eau.

La jacinthe d'eau, plante aquatique d'origine tropicale, a été choisie pour ses rendements particulièrement élevés et son adaptabilité aux climats tempérés. Sa culture pourrait valoriser une partie des rejets d'eau tiède des centrales nucléaires reconstituant ainsi partiellement son biotope. Elle pourrait aussi s'effectuer en lagunes naturelles, sous un climat tropical.

L'élaboration d'un projet industriel de production de méthanol à partir de la jacinthe est subordonnée à deux études préalables :

- 1) la culture : étude et optimisation des rendements de production à l'hectare de la jacinthe d'eau.
- 2) la fermentation : étude et optimisation des rendements en biogaz par kilo de jacinthes introduites dans le digesteur.

Par ailleurs une voie complémentaire de valorisation de la jacinthe d'eau par extraction des protéines a été étudiée.

II — MÉTHODOLOGIE

- * La culture de jacinthes s'est faite sur le site expérimental de St-Laurent-des-Eaux (Loiret) dans 5 bassins de 23 m² chacun dont 1 est recouvert d'une serre.

Une récolte hebdomadaire a permis d'une part de suivre la production et d'autre part d'agir sur les paramètres déterminant la croissance, à savoir :

- température de l'eau ,
- densité surfacique de la plante avant et après récolte,
- espacement interréculte.

- * Les essais de fermentation se sont déroulés dans le laboratoire de la S.C.P.A. (Société Commerciale des Potasses et de l'Azote) dans des digesteurs de six litres et en semi-continu. L'étude a porté surtout sur les temps de rétention.

III – RÉSULTATS

Tant du point de vue de la production de biomasse que de celui de la fermentation, les résultats sont très intéressants comme le montrent les courbes et le tableau qui suit :

Temps de rétention (j)	Rendement * biologique moyen l biogaz/kg MS	Production spécifique moyenne l biogaz/l digesteur	Composition du biogaz		
			% CH ₄	% CO ₂	% H ₂ S
30	250	0,29	60,3 ± 1,9	39,6 ± 1,9	0,08 ± 0,02
20	247	0,43	59,6 ± 2,1	40,3 ± 2,1	0,14 ± 0,03
15	238	0,55	59,4 ± 0,6	40,5 ± 0,6	0,08 ± 0,02
10	223	0,78	59,4 ± 0,9	40,5 ± 0,8	0,06 ± 0,01
7,5	198	0,92	58,7 ± 1,7	41,2 ± 1,8	0,05 ± 0,01
6	185	1,08	57,6 ± 1,9	35,2 ± 1,7	0,14 ± 0,04

* Dilution 3,5 %

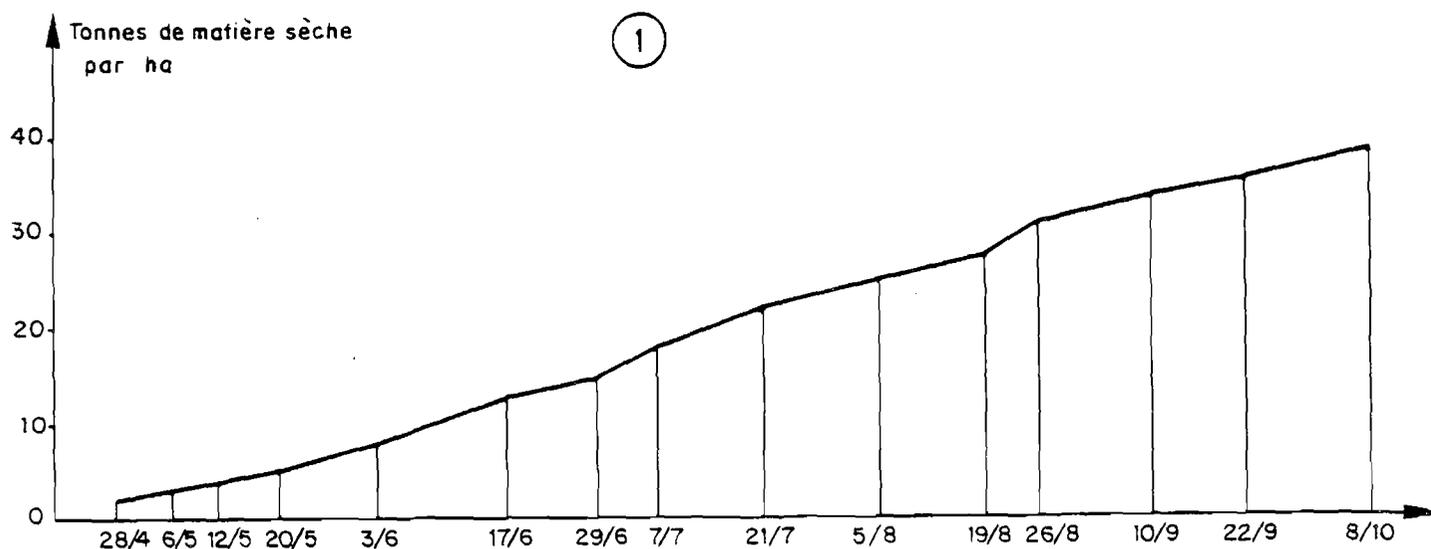
IV – ÉTUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE

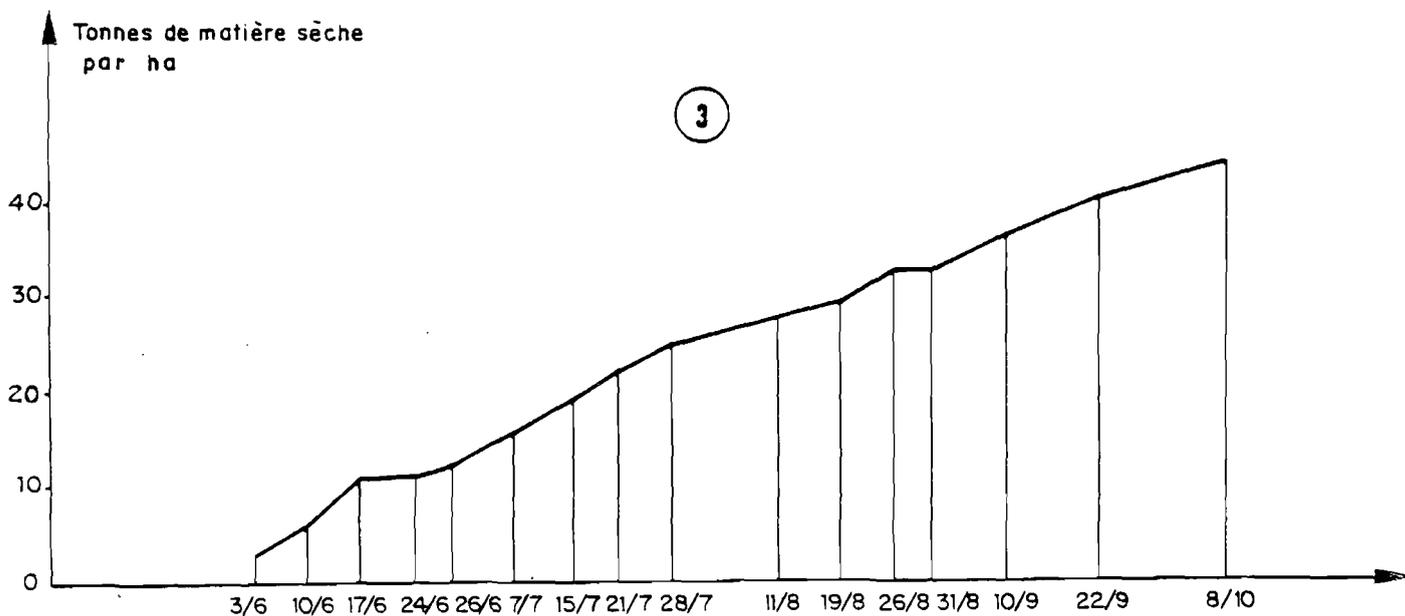
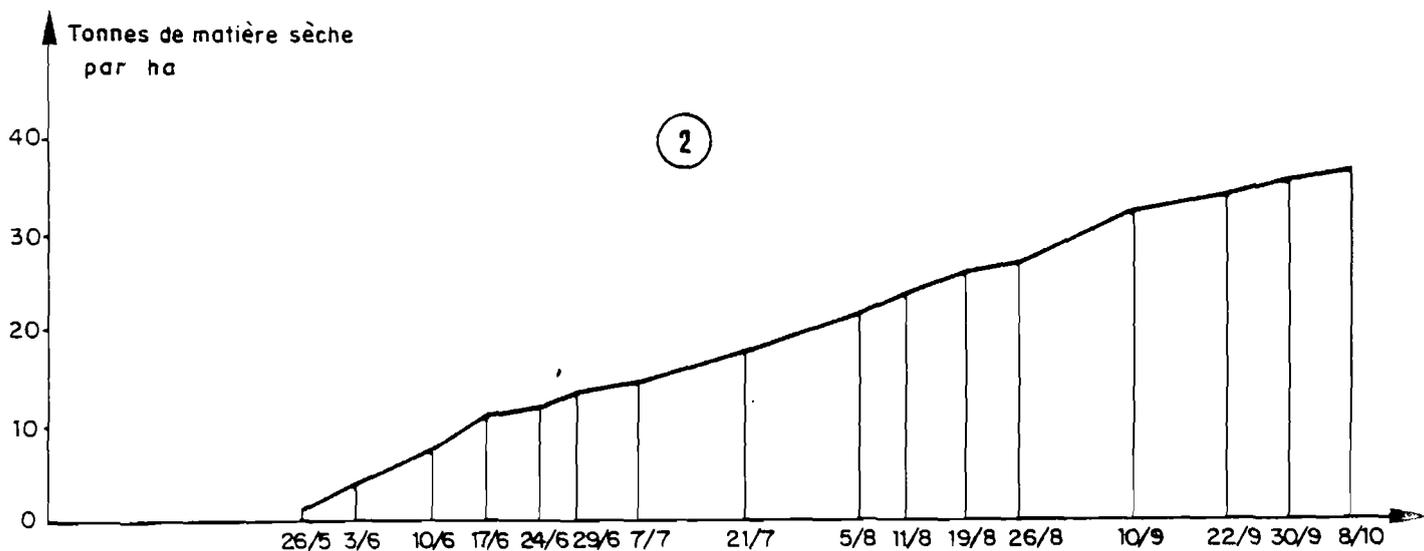
Dans cette étude le raisonnement a consisté à déterminer le prix qu'il faudrait donner au biogaz pour que l'on puisse produire du méthanol dans une unité de 154 t/jour de méthanol, dans des conditions économiques satisfaisantes (c'est-à-dire au prix du marché actuel du méthanol).

Pour cela plusieurs cas ont été envisagés :

- Cas I : Culture en rejet d'eau tiède en France Nord.
- Cas II : Culture sur lagune naturelle en région méditerranéenne.
- Cas III : Culture sur lagune naturelle en région tropicale.

COURBES D'ACCROISSEMENTS CUMULES POUR LES BASSINS 1, 2, 3 .





	CLIMAT TEMPÉRÉ Bassins – 150 jours		CLIMAT MÉDITERRANÉEN Lagune 180 jours		CLIMAT TROPICAL Lagune 300 jours	
	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
t MS/ha	40	50	50	70	80	130
Surface (ha) pour 154 t/j CH ₃ OH	4630	3788	4630	3205	4630	2916
t CH ₃ OH/ha/an	4,99	6,09	5,98	8,65	9,97	15,83
Coût du biogaz (centime/thermie)	113,4	102,9	60,9	56,0	50,4	47,6

Le coût seuil du biogaz pour une unité de 154 t/j de méthanol devrait être de 1,5 à 7,5 centimes par thermie (selon les hypothèses de financement)

V – DISCUSSION (1) (2) (3) (4)

Le calcul opéré avec diverses hypothèses pour les rendements de croissance de la jacinthe et de conversion en biogaz a permis de déterminer une fourchette de 48 à 113 centimes la thermie pour le biogaz produit.

On observe là un écart très significatif particulièrement dans les cas d'un climat tempéré avec lagunage artificiel.

Par contre, les améliorations technologiques que l'on peut attendre au niveau des procédés, ainsi que l'évolution des problèmes énergétiques, laissent entrevoir des possibilités pour un développement en région tropicale où la jacinthe est déjà présente et souvent même envahissante.

La valorisation protéique pour l'alimentation animale que nous étudions actuellement, pourrait être un élément déterminant de rentabilité si elle est couplée à une valorisation énergétique.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) • BOILLOT M., GIRARD Ph., AUBART Ch., FAUCHILLE S., 1983
Methanol from Water Hyacinths - Energy from Biomass and Wastes
VII th Symposium Papers, page 1031.
- (2) • LATIF A., WOLWERTON B.L., 1977
Biogas Production from Alligator Weeds and Water Hyacinths,
NASA NSTL.
- (3) • WOLWERTON B.L., MAC DONALD R.C., 1978
Water Hyacinth productivity and harvesting studies
Economic Botany
- (4) • Valorisation de la Jacinthe d'eau
Journée nationale d'échange du 20 avril 1983, 78 pages.
EDF - DER - 6, quai Watier - 78400 CHATOU.

MÉTHANISATION DE DIVERS VÉGÉTAUX AQUATIQUES

A. BORIES*, F. BROUARD* & F. SAUZE**

* Institut National de la Recherche Agronomique, Station d'Oenologie et de Technologie des Produits Végétaux. 11104 NARBONNE

** Institut National de la Recherche Agronomique, Station d'Amélioration des Plantes. Place Viala. 34060 MONTPELLIER CEDEX

En vue de leur valorisation énergétique, la digestion anaérobie des trois espèces végétales : Enteromorpha intestinalis, Ulva lactuca et Lemna sp. a été étudiée. Une approche fine du processus de bioconversion a été effectuée en caractérisant avec précision la composition des substrats (oses) et en identifiant les métabolites intermédiaires principaux : acides gras volatils (AGV).

1. Tests de fermentescibilité (fermentation statique)

Par maintien du pH inférieur à 6, le processus de digestion anaérobie est bloqué au stade acidogène (inhibition de la production de méthane). Ce stade de fermentation est déjà suffisant pour apprécier la solubilisation et la transformation des matières végétales. L'analyse des produits formés (AGV) permet d'interpréter plus en détail le processus de digestion des biomasses végétales.

La fermentation en phase acidogène des trois espèces végétales a été suivie à 37°C, pH < 6, et en discontinu.

Le tabl. 1 mentionne le rapport AGV/solides volatils, indicatif du taux de solubilisation des substrats en phase acidogène. Ces résultats montrent un ordre de fermentescibilité croissant : Lemna, Enteromorpha, Ulva. L'analyse des AGV fait apparaître un rapport acide propionique/AGV totaux d'autant plus grand que la solubilisation est faible.

La comparaison des spectres d'AGV obtenus pour les espèces végétales à ceux produits par fermentation de leurs sucres principaux montre une grande similitude :

- le rhamnose, prépondérant chez Enteromorpha conduit en acidogénèse à un mélange riche en acide propionique.
- le glucose, prépondérant chez Ulva, conduit dans les mêmes conditions à des acides à nombre pair d'atomes de carbone.

Tabl. 1 : Fermentation acidogène statique de végétaux aquatiques

	U. lactuca	E.intestinalis	Lemna sp.
AGV * totaux/SV ₀ -----	0,47	0,39	0,04
Constante 1er ordre (j ⁻¹) -----	0,34	0,22	-
C ₃ * /AGV totaux -----	0,35	0,45	1

* Les AGV totaux et l'acide propionique (C₃) sont exprimés en g équivalent acide acétique.

SV₀ = matière organique introduite au temps initial.

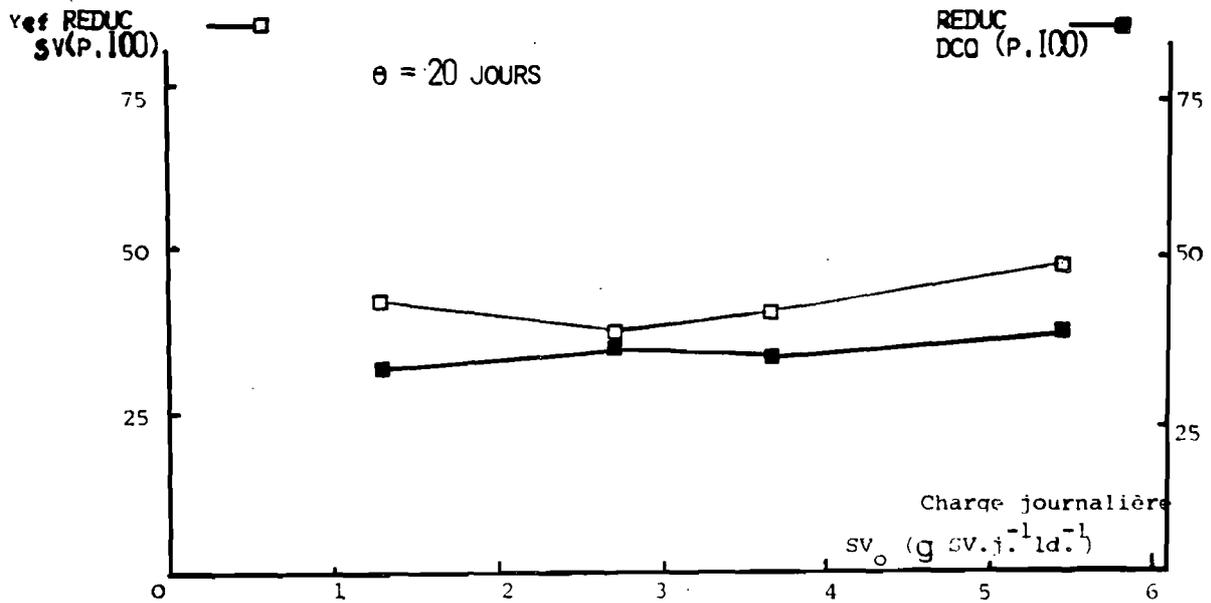


FIG. 1 : INFLUENCE DE LA CHARGE JOURNALIERE SUR LES TAUX DE DEGRADATION DE MATIERES ORGANIQUES ET DE REDUCTION DE DCO.

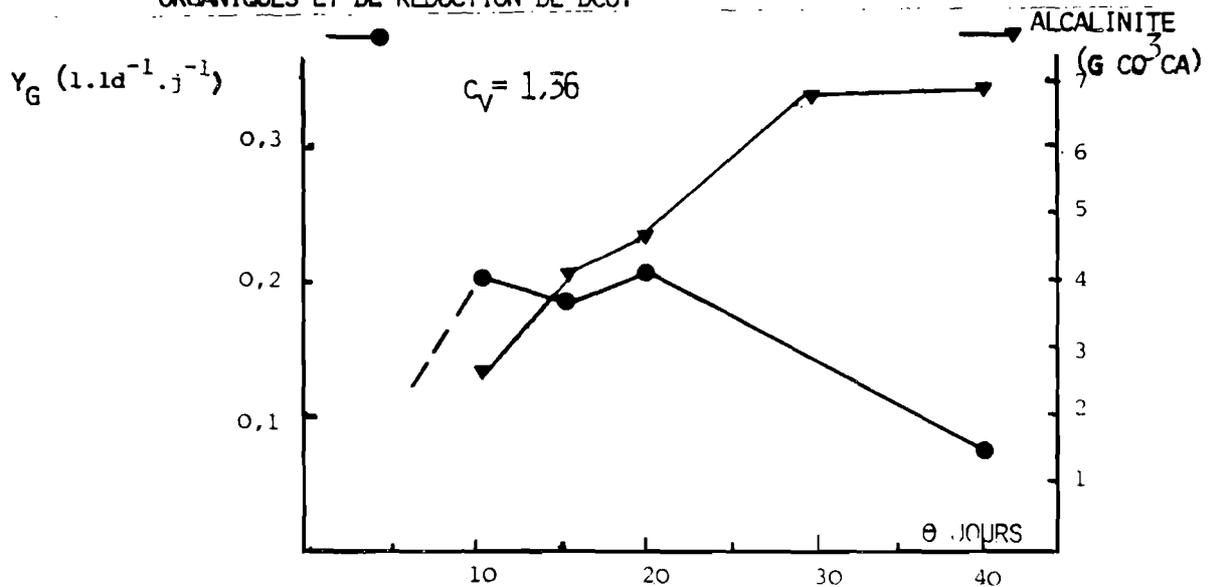


FIG. 2 : INFLUENCE DE LA DUREE DE SEJOUR SUR LE RENDEMENT VOLUMIQUE EN BIOGAZ

2. Fermentation monophasé subcontinue d'Enteromorpha intestinalis

Ces essais ont permis notamment d'établir l'influence et l'optimisation de quelques paramètres de fermentation en digesteurs infiniment mélangés (10 l.) et maintenus à 37°C avec Enteromorpha intestinalis. La fermentation subcontinue est obtenue par addition journalière du substrat en une fois. Un volume égal de milieu de fermentation étant soutiré au préalable.

2.1 Influence de la charge appliquée sur le rendement de production de biogaz

Une série de quatre essais de fermentation méthanique à charge appliquée en substrat croissante (exprimée en gramme de solides volatils apportés par litre de digesteur et par jour : $g.SV_0.l_D^{-1}.j^{-1}$) a été effectuée avec un temps de séjour (θ) uniforme de 20 j.

Le rendement en biogaz ($Y = \text{litre } CH_4/g \text{ de solides volatils introduits}$) obtenu à ces diverses conditions, est compris entre 0,13 et 0,15 l. de CH_4/g de S.V.

2.2 Dégradation du substrat

Deux indices de la dégradation du substrat : pourcentage de réduction des matières solides volatiles (SV) et de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) ont été déterminés au cours de fermentations conduites à différentes concentrations en substrat (fig. 1). Ils apparaissent pratiquement indépendants de la charge appliquée.

2.3 Influence du temps de séjour

Il a été réalisé une autre série de cinq fermentations continues avec une charge uniforme et égale à 1,36 g SV/litre de digesteur et par jour. (fig. 2)

Le rendement en biogaz varie peu entre 10 à 20 jours, mais diminue au-delà. Le pH, l'alcalinité et NH_3 augmentent de façon constante avec θ , comme c'était le cas dans la charge massique.

3. Fermentation d'Ulva lactuca

Des essais de fermentation subcontinue d'Ulva ont été effectués avec un temps de séjour de 20 jours. Les rendements de production de biogaz obtenus avec U. lactuca : $Y = 0,22 \text{ l } CH_4/g \text{ Solides Volatils}$ sont supérieurs à ceux déjà mentionnés par E. intestinalis ($Y = 0,13 \text{ l } CH_4/g \text{ Solides Volatils}$).

4. Conclusion

Les rendements obtenus en fermentation méthanique des biomasses aquatiques correspondent à ceux généralement mentionnés dans d'autres travaux (4-5). La digestion anaérobie d'Ulva lactuca, s'avère la plus performante, alors que pour Lemna sp. les faibles valeurs obtenues indiquent des difficultés majeures de la méthanisation. Même dans le meilleur cas de digestion d'U. lactuca, le rendement de dégradation n'a pas dépassé 50 p.100 et on peut penser l'améliorer. La connaissance détaillée de la composition du substrat et l'analyse du métabolisme intermédiaire (acidogénèse) permettent de mieux souligner l'importance de la phase de liquéfaction.

Limitant au départ la conversion des substrats complexes, elle régit les performances de la digestion anaérobie.

Préciser les paramètres d'hydrolyse, rechercher des prétraitements et adapter les technologies de fermentation sont les points à aborder pour améliorer et optimiser la valorisation énergétique de végétaux aquatiques.

Remerciements

Ce travail a été réalisé avec l'aide du Commissariat à l'Energie Solaire (C O M E S) et de la Compagnie Générale d'Electricité (C G E - Laboratoires de MARCOUSSIS).

Bibliographie

- 1- SANDERSON J.E., WISE D.L., AUGENSTEIN D.C. Biotech. Bioeng. Symp., 1978, n° 8, 131-151.
- 2- WISE D.L., AUGENSTEIN D.C. Res. Recov. Conserv., 1979, 4, 217-237.
- 3- CHASSANY de CASABIANCA M.-L., SAUZE F. In "Energy from biomass". 1st E.C. Conf. Applied Science Publisher ltd, London, 1980, 672-677.
- 4- SAUZE F. Potentiel énergétique et chimique de la biomasse aquatique. Premiers résultats de recherches en méthanisation. La Techn. de l'Eau et de l'Assain., 1981, 413, 7-23.
- 5- ASINARI DI SAN MARZANO C.M. et al. Biomass, 1981, 1, 47-59.
- 6- DATTA R. Biotech. Bioeng., 1981, 23, 61-77.

LA DIATOMÉE MARINE *CHAETOCEROS CALCITRANS* PAULSEN
PEUT-ELLE AIDER L'HOMME A PURIFIER LA MER ?

Jean-Luc BOUTRY

Service de Biochimie, I.U.T., 17026 LA ROCHELLE

INTRODUCTION.

L'étude du métabolisme des lipides chez la diatomée *Chaetoceros calcitrans* Paulsen nous a montré que l'hétérotrophie joue un rôle important dans le développement de cette algue (BOUTRY & BARBIER 1974, BOUTRY et al 1976a et b, BOUTRY et al 1977a): nous avons mis en évidence deux voies métaboliques de cette hétérotrophie lipidique à l'aide de dotriacontane-16-17 ^{14}C (BOUTRY et al 1977b) puis à l'aide de cholestérol-4 ^{14}C dissous dans le milieu de culture de l'algue (BOUTRY et al 1978); enfin, une étude dynamique (BOUTRY & BORDES 1979) nous a montré la rapidité de ces phénomènes d'échanges et transformations lipidiques.

Pour tirer profit de la puissance et de la rapidité d'action de cette algue, nous avons construit un appareil automatique de culture stérile de microphytoplancton: le Planctotunnel (BOUTRY 1982). Les performances des cultures effectuées dans cet appareil nous permettent, avec les résultats des études précitées, d'envisager sans utopie quels services pourra rendre à l'Homme cette petite algue.

DONNEES NUMERIQUES.

L'Unité automatique de culture stérile qu'est le Planctotunnel maintient la culture de la diatomée en phase exponentielle de croissance sans repiquage: de 70 L de contenance, sa production est de 34 L de culture à $10\text{-}14 \cdot 10^6$ cel./mL tous les 4 jours (soit 255 L/mois)(BOUTRY 1982).

Après culture dans le Planctotunnel les 255 L obtenus contiennent 42,2g de poids sec de *Chaetoceros calcitrans* qui, sous l'influence bénéfique de la lumière U.V. (lampe de Wood), libère dans le milieu 6,7mg d'acide gras C 20:0 et 23,9mg de méthylène-24 cholestérol. Cette masse de 42,2g de diatomées peut aussi retirer des 255 L d'eau de mer de culture: de 23,9 à 62,5mg d'hydrocarbures totaux (soit 84,7% à 92,7% des hydrocarbures présents), dont 8,8 à 18,3mg de N-alcanes et N-alcènes et 53,7 à 5,6mg de non-aliphatiques (ces deux catégories toujours en quantités opposées l'une à l'autre): tout ceci en comptant la capture spécifique d'une pollution volontaire par l'Homme de 14,3mg de dotriacontane-16-17 ^{14}C .

Dans le cas d'un tel marquage isotopique (25% à 35% d'incorporation dans l'extrait chloroformique de l'algue) l'eau de mer usée de la culture ne contient aucun hydrocarbure, aucun stérol, ni aucun acide gras, radioactifs: il y a donc développement d'une double dépollution par la diatomée, dépollution radioactive spécifique à un hydrocarbure apporté par les activités humaines, et dépollution

globale par consommation des hydrocarbures aliphatiques (surtout C 18 et C 20 à C 25) et non-aliphatiques de l'eau de mer.

CONCLUSION.

Si les résultats des études de métabolisme de lipides marqués faites sur Chaetoceros calcitrans montrent chez cette algue une complexité (BOUTRY et al 1977b, 1978, 1980) et une rapidité d'action (POLISHCHUK 1977, BOUTRY & BORDES 1979) in-soupçonnées jusque-là, il n'en reste pas moins vrai que l'étude de la culture de telles diatomées ouvre la voie à des applications multiples:

- 1) dépollution en hydrocarbures de l'eau de mer, et même dépollution radioactive,
- 2) biosynthèse sélective de lipides,
- 3) études variées de toxicologie lacustre ou marine,
- 4) études des chaînes alimentaires,
- 5) Unité de production de phytoplancton pour les écloséries de mollusques.

BIBLIOGRAPHIE.

- BOUTRY, J-L. & BARBIER, M.,(1974). La diatomée marine Chaetoceros simplex calcitrans Paulsen et son environnement: I Relations avec le milieu de culture; étude de la fraction insaponifiable, des stérols et des acides gras. *Mar. Chem.* 2 n°3 p: 217-227.
- BOUTRY, J-L., BARBIER, M. & RICARD, M.,(1976a). La diatomée marine Chaetoceros simplex calcitrans Paulsen et son environnement: II Effets de la lumière et des irradiations ultraviolettes sur la production primaire et la biosynthèse des stérols. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 21 p: 69-74.
- BOUTRY, J-L., BARBIER, M. & RICARD, M.,(1976b). La diatomée marine Chaetoceros simplex calcitrans Paulsen et son environnement: III Effets de la lumière et des irradiations ultraviolettes sur la biosynthèse des acides gras. *C. R. Acad. Sci. (D)* 252 p:239-242.
- BOUTRY, J-L., BORDES, M., BARBIER, M., FEVRIER, A. & SALIOT, A.,(1977a). La diatomée marine Chaetoceros simplex calcitrans Paulsen et son environnement: IV Relations avec le milieu de culture: étude des hydrocarbures. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 28 p: 41-51.
- BOUTRY, J-L., BORDES, M., FEVRIER, A. & BARBIER, M.,(1977b). La diatomée marine Chaetoceros simplex calcitrans Paulsen et son environnement: V Capture et métabolisme d'un hydrocarbure, le dotriacontane. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 30 p: 277-282.
- BOUTRY, J-L., BORDES, M., FEVRIER, A. & BARBIER, M.,(1978). La diatomée marine Chaetoceros simplex calcitrans Paulsen et son environnement: VI Capture et métabolisme du cholestérol. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 33 p: 113-118.
- BOUTRY, J-L. & BORDES, M.,(1979). La diatomée marine Chaetoceros simplex calcitrans Paulsen et son environnement: VII Aspects dynamiques des échanges en lipides entre la diatomée et son milieu. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 40 p: 223-233.
- BOUTRY, J-L.,(1980). Puissance, sélection et rapidité d'action de la diatomée marine Chaetoceros calcitrans Paulsen face aux lipides de son environnement: sa réaction à un hydrocarbure marqué, le dotriacontane-16-17 ¹⁴C. *Cryptogamie:Algologie* 1 n°4 p:321-326.
- BOUTRY, J-L.,(1982) . Le Planctotunnel: Unité automatique de culture stérile d'algues microscopiques. *Cryptogamie:Algologie*, 3(4), 329-338.
- POLISHCHUK, R.A.,(1977). Facts of absorption-excretory function rhythmicity in marine algae and their ecological interpretation. *Gidrobiol. Zh.* 13 n°6 p: 57-64 (en Russe).

MICROALGUES PRODUCTRICES DE POLYSACCHARIDES EXOCELLULAIRES

J.-P. BRAUD**, D. CHAUMONT*, C. GUDIN*, C. THÉPENIER*, P. CHASSIN* & C. LEMAIRE*

* Laboratoire de Biotechnologie Solaire, A.R.B.S., C.E.M. Cadarache,
13115 SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE

** C.E.C.A. Usine de Baupte, 50500 CARENTAN

Production des polysaccharides

La production de polysaccharides exocellulaires est étudiée avec les espèces *Nostoc sp.* (cyanophycée), *Porphyridium cruentum*, *Rhodorus marinus*, *Rhodella maculata* (Rhodophycées) et *Chlamydomonas mexicana* (chlorophycée).

Ces microalgues sont cultivées dans un cultivateur tubulaire clos. La culture recueillie en continu contient les cellules algales, des sels nutritifs résiduels et le polysaccharide exocellulaire hydrosoluble. La biomasse cellulaire est séparée par centrifugation et le polysaccharide contenu dans le surnageant est isolé par précipitation à l'isopropanol. Les microalgues constituent d'excellents convertisseurs d'énergie solaire : un rendement de conversion photosynthétique moyen annuel de 4 % sur énergie totale a été obtenu. Ceci représente une productivité en biomasse totale de 76 tonnes/ha.an dont 36 t/ha.an de polysaccharides. La biomasse cellulaire (40 t/ha.an) peut soit être méthanisée (récupération de 50 % du pouvoir calorifique sous forme de méthane) soit valorisée en aquaculture.

Structure chimique des polysaccharides

- Spectrométrie infra-rouge

Les spectres pour *Porphyridium* et de *Rhodella* sont similaires et présentent les mêmes bandes caractéristiques

790 - 820/1240 cm^{-1}	: esters sulfates
890 cm^{-1}	: glucides liés en bêta
1600 cm^{-1}	: acides uroniques

Par contre, le spectre pour *Nostoc sp.* est notablement différent, le seul point de similitude étant les bandes des acides uroniques.

- Hydrolyse acide

Les principaux résidus d'hydrolyse sont identiques à ceux notés par PERCIVAL et FOYLE (1979) pour *Porphyridium cruentum* et EVANS et al. (1974) pour *Rhodella maculata* : glucose, galactose, xylose, acide glucuronique. Le taux de sulfatation est de l'ordre de 10 %.

Dans le cas du polysaccharide excrété par *Porphyridium cruentum*, les rapports molaires des sucres ont été déterminés : glucose 1, galactose 2 (90 % sous forme L.), xylose 5.

Pour *Nostoc sp.*, les mêmes glucides sont observés, mais le pourcentage des acides uroniques est notablement plus élevé que pour *Porphyridium* et *Rhodella* (VEELA et al., 1978).

Propriétés rhéologiques

- Viscosité en fonction de la concentration/vitesse

En solution à 1 %, les polysaccharides de *Porphyridium* et de *Rhodella* ont un comportement voisin. Les viscosités apparentes sont moyennes, mais en solution très diluée (750 ppm) on obtient des valeurs intéressantes de l'ordre de 35 cPo.

- Stabilité thermique

Une solution à 1 % de polysaccharide est chauffée à 80°C, puis la viscosité est mesurée pendant la descente de température. La viscosité reste stable et même à 2°C, on ne note aucun changement de viscosité ou de rhéologie.

- Stabilité au pH

Aucune variation notable de viscosité n'a été observée dans la gamme pH 1-12. Des échantillons à pH 1 et 3, stockés 12 h à 80°C ne présentent aucune altération de leurs caractéristiques.

- Compatibilité

Les polysaccharides de *Porphyridium* et de *Rhodella* sont compatibles avec le lait et ces caractéristiques ne sont que légèrement affectées par les électrolytes.

Conclusion

Les microalgues étudiées constituent d'excellents convertisseurs d'énergie solaire et de bons producteurs de polysaccharides exocellulaires. Par leurs caractéristiques rhéologiques et plus particulièrement leur insensibilité aux variations de température et de pH, les polysaccharides de *Porphyridium cruentum* et *Rhodella maculata* présentent un profil favorable à des applications industrielles (récupération assistée du pétrole et industrie alimentaire).

Bibliographie

- Evans, L.V., Callow, M.E., Percival, E., Farced, V., 1974. Studies on the synthesis and composition of extracellular mucilage in the unicellular red alga *Rhodella*. *J. Cell. Sci.*, 16, 1-21.
- Percival, E., Foyle, R.A.J., 1979. The extracellular polysaccharides of *Porphyridium cruentum* and *Porphyridium aerugineum*. *Carbohydr. Res.*, 72, 165-176.
- Veela, B., Metha, B., Vaida, B.S., 1978. Cellular and extracellular polysaccharides of the blue green alga *Nostoc*. *J. Expea, Bot.* 29 (113), 1423-1430.

LES MARÉES VERTES

D. BRAULT, X. BRIAND & P. GOLVEN

Centre d'Expérimentation et de Recherche Appliquée en Algologie, B.P. 3
22610 PLEUBIAN

Les plages bretonnes des zones estuariennes et des baies sont depuis 1968 le siège de l'arrivée régulière et saisonnière de quantité importante de l'algue verte Ulva.

Ce phénomène inhabituel, nouveau, a tout naturellement pris pour nom, sur ces côtes habituées aux marées noires, celui de "marée verte". Cependant, il semble que ce phénomène soit répandu de par le monde, à des degrés divers, dans de nombreux estuaires fertiles (Waite et Mitchell 1972)

L'ulve est une algue opportuniste que l'on qualifie quelquefois d'algue de "pollution" (North et al. 1972), qui se caractérise par son taux de croissance élevé, par sa reproduction peu influencée par les saisons, et par son thalle à la structure simple (thalle à deux couches de cellules végétatives, indifférenciées et qui ont conservé toute leur potentialité reproductrice). De plus, elle est très tolérante vis à vis de la salinité.

Tout ceci explique la répartition géographique d'Ulva lactuca qui est une algue qualifiée de cosmopolite, c'est-à-dire, présente sur l'ensemble du globe.

Il faut également signaler l'action des différents facteurs tels que les effluents thermiques, les rejets d'éléments toxiques, le dragage, les épanchements de pétrole, les travaux de construction portuaire, le broutage, qui peuvent influencer sur l'abondance et la composition spécifique des populations algales. Les ulves font partie des espèces tolérantes et s'adaptent à ces perturbations des conditions physico-chimiques du milieu. Ceci aboutit à la dominance de l'ulve par l'intermédiaire des processus compétitifs d'exclusion (Rosenberg et Ramus 1981).

Un exemple : la BAIE de LANNION en 1982

LES FAITS

Cette zone touristique est la plus touchée, elle se situe sur la côte nord de la Bretagne, dans le département des Côtes-du-Nord.

Sur 8 Km de plages, les services de l'équipement ont fait procéder à l'enlèvement de 25 000 m³ de ces algues vertes, extrêmement fermentescibles, entre les mois de Mai et de Septembre, c'est-à-dire en pleine saison estivale, afin de conserver à la plage son aspect esthétique et salubre.

Les techniques employées pour nettoyer la plage font appel à des moyens mécaniques, représentés par des engins de travaux publics qui assurent une collecte à haut rendement, mais peu sélective au vu des quantités de sable prélevées avec les algues. Le mélange algue-sable est entreposé en décharges désaffectées, proches des zones touchées (coût de transport).

CONSEQUENCES

- Désaffectation des estivants (odeur pestilentielle, 2000 rotations de camions) Zone très touristique (Côte de Granit Rose).
- Coût élevé : 600 KF en 1982, pour trois communes de petite taille (3447, 398, 156 habitants respectivement) uniquement pour la collecte.
- Un ramassage qui ne constitue qu'un transfert de pollution : en effet, pour restreindre les frais, les algues sont stockées en décharge contrôlée, proche des zones touchées. On assiste alors à une liquéfaction rapide de l'algue, et au bout d'un an, on ne retrouve plus que du sable. Les jus très riches en matière organique et acides gras volatils retournent dans la baie par l'intermédiaire des cours d'eaux douces et participent au phénomène d'eutrophisation de la baie.

CAUSALITES

Pas de certitudes à ce jour, mais un simple faisceau de présomptions concernant l'enrichissement des eaux estuariennes en sels nutritifs. Cette prolifération d'algues vertes semble liée aux activités humaines de plus en plus importantes tout au long du littoral. En effet, les eaux usées agricoles et urbaines contiennent des éléments nutritifs (ammonium, nitrates, phosphates) directement assimilables par les algues, et qui sont responsables de l'eutrophisation des baies.

PERSPECTIVES

Les échouages semblent se stabiliser, notamment pour les zones les plus anciennement touchées (baie de LANNION, baie de ST-BRIEUC). Cependant, le phénomène serait en expansion (baie de CONCARNEAU, baie de DOUARNENEZ, rade de BREST). A ce jour, 45 % des communes littorales du Finistère et des Côtes-du-Nord sont concernées.

OBJECTIFS

S'il n'est pas concevable d'agir aujourd'hui efficacement en amont du phénomène, c'est-à-dire, sur les techniques culturales (épandage d'engrais, de lisier, remembrement, arrasement des talus...) les techniques piscicoles, les rejets industriels et urbains, il apparaît nécessaire de tenter de valoriser, ou du moins de traiter cette matière première qui possède, ne l'oublions pas, comme tout déchet, une valeur négative, et ainsi de proposer aux communes touchées des solutions quant au traitement de la matière première.

Tableau 1 : composition chimique moyenne d'Ulva lactuca

COMPOSITION (sur extrait sec)	TENEUR	COMPOSITION	TENEUR
<u>Valeur énergétique</u>		<u>Acides aminés (suite)</u>	
Unité fourragère lait/Kg	0,77	Alanine	1,30
UFViande/Kg	0,76	Ualine	0,891
UF Porcs/Kg	0,75	Isoleucine	0,527
Energie métabolisable volaille/Kg	2269	Leucine	1,03
Matières azotées totales %	14,7	Tyrosine	0,371
PDIN g/Kg	103	Phenylalanine	0,734
PDIE g/Kg	97	Hystidine	0,198
<u>Composition</u>		Arginine	0,673
Matière grasse %	2,8	Tryptophane	0,15
Cellulose %	6,3	NH ₃ (après hydrolyse 6N)	1,51
Extractif non azoté %	41	<u>Polysaccharides %</u>	
<u>Matières minérales</u>	35,3	Acides uroniques	7,8
Phosphore total %	0,24	Glucose	3,9
Calcium %	2	Mannose	1,2
Magnésium %	2,2	Rhamnose	17,0
Sodium %	0,9	Xylose	3,0
Soufre %	7	Galactose	1,3
Fer mg/Kg	1570	<u>Vitamines</u>	
Zinc mg/Kg	16	Vitamines A UI	6050
Manganese mg/Kg	57	Vitamines B1 mg/Kg	3,98
Cuivre mg/Kg	9	Vitamines B12	0,054
Iode mg/Kg	220	Vitamines C mg/Kg	19,9
Cobalt mg/Kg	0,45	Vitamines D UI	864
Sélénium mg/Kg	0,063	Vitamine E mg/Kg	33,7
Nickel mg/Kg	32,4	<u>Pigments (mg/Kg)</u>	
Cadmium mg/Kg	0,101	Chlorophylles a	1130
Plomb mg/Kg	0,896	b	329
Mercurc mg/Kg	0,149	Caraténoïdes	187
Bore mg/Kg	18,1	. Carotènes	1,51
Chrome mg/Kg	24,2	dont	
Molybdène mg/Kg	2,75	- α Carotène	0,17
Arsenic mg/Kg	4,68	- β Carotène	1,34
<u>Acides aminés %</u>		- γ Carotène	-
Méthionine + Cystine	0,52	. Xanthophylles	185
Méthionine	0,30	dont	
Cystine	0,21	- Lutéine	158
Lysine	0,68	- Zéaxanthine	16
Acide aspartique	1,78	- Autres	11
Thréonine	0,78		
Serine	0,83		
Acide glutanique	1,48		
Proline	0,628		
Glycine	0,92		

Ces solutions doivent être variées car les situations sont très diverses et, sont, en général fonction de :

- 1) l'équipement des communes en moyens de récolte et de traitement,
- 2) l'intensité du phénomène de marée verte (quantités collectées).

Dans une région telle que la Bretagne où l'agriculture occupe une place prépondérante, il apparaît judicieux de s'orienter en priorité vers des utilisations agricoles ou agroalimentaires.

Il est nécessaire à ce niveau de différencier d'une part ce qui est traitement de la valorisation.

En effet, pour des communes déjà équipées en station de compostage d'ordures ménagères ou de digesteurs de méthanisation (surdimensionnées, en général en zone littorale), il s'agit de vérifier si l'algue collectée peut servir de cosubstrat, tout en ne diminuant pas le rendement des installations, ou mieux en l'améliorant. Les produits formés (compost, biogaz) rentrant dans le circuit actuel.

Il doit également être tenté, quand les quantités ramassées et la qualité de l'algue le permettent (présence de sable réduite, algue fraîche...), de valoriser cette matière première. En tenant compte des spécificités de l'ulve (tableau 1), nous orientons nos recherches vers :

- la fabrication d'AMENDEMENTS ORGANIQUES de qualité et la production de BIOGAZ si possible au sein d'une même filière ;
- l'utilisation de cette algue en tant que COLORANT NATUREL du jaune d'oeuf, en remplacement des pigments synthétiques actuellement utilisés ;
- l'extraction de MOLECULES A HAUTE VALEUR AJOUTEE telle que, par exemple, les polyosides sulfurylés.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier C. CHASSE pour sa collaboration et tous ceux qui ont participé à l'élaboration du programme "Valorisation", ainsi que l'équipe d'AGRO-DEVELOPPEMENT pour sa participation au programme compostage.

BIBLIOGRAPHIE

NORTH W.J., STEPHENS G.C., NORTH B.B. 1972 - Marine algae and their relation to pollution problems in marine pollution and sea life. M. Ruivo éd. London, 634 p.

ROSENBERG G., RAMUS J., 1981 - Ecological growth strategies in the seaweeds *Gracilaria foliifera* and *Ulva* sp. The rate and timing of growth. Bot. Mar. 24. Ecological 1

WAITE T., MITCHELL R., 1972 - The effect of nutrient fertilization on the benthic alga *Ulva lactuca*. Bot. Mar. 15, 151-156.

CROISSANCE ET PHYSIOLOGIE D'UNE MACROALGUE D'INTÉRÊT INDUSTRIEL
(*CHONDRUS CRISPUS*) ANALYSÉES PAR LA MESURE EN CONTINU DES ÉCHANGES GAZEUX

François BRÉCHIGNAC & Marcel ANDRÉ

Institut de Recherche Fondamentale, Département de Biologie, Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache, Service de Radioagronomie, Laboratoire C₂3A, BP1, 13115 ST-PAUL-LEZ-DURANCE

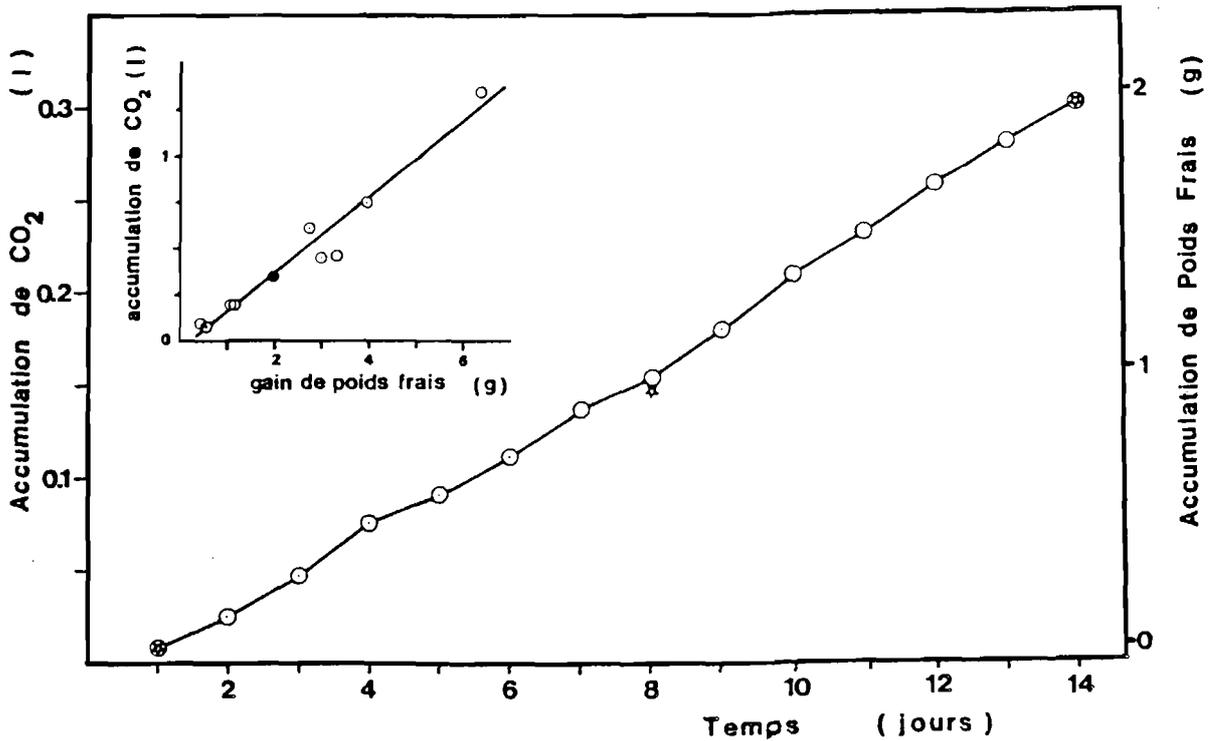
Dans le but de contribuer à la connaissance des réactions écophysiologiques des macroalgues aux facteurs du milieu, il s'est avéré nécessaire d'utiliser et d'adapter au milieu aquatique la phytotronique quantitative mise au point pour l'étude des végétaux supérieurs (cf. André et al. 1979). A la fois dispositif de culture (extrapolable aux systèmes d'aquaculture) et chambre de mesure des échanges gazeux notre dispositif expérimental se situe à la jonction des études traditionnelles en culture de masse et des recherches fondamentales. Ainsi, par exemple, la croissance peut être analysée in situ, dans le système de culture, par la quantification en continu des échanges gazeux (figure 1) ; l'analyse de leurs variations en fonction des paramètres de l'environnement apporte des informations susceptibles de guider les pratiques culturales.

La chambre de mesure comprenant 2 phases : liquide et gazeuse, est reliée à un circuit d'aération et d'agitation, ainsi qu'à un circuit d'analyse et de régulation des concentrations de CO₂ et d'O₂ (figure 2). Un ordinateur dirige et quantifie les régulations 24 h/24, et stocke en mémoire les informations des capteurs de lumière, pH, température et concentration en CO₂ et O₂, dans la phase gazeuse. Il peut les restituer en moyennes horaires sous forme de tableaux ou de courbes. La prise en compte des actions de régulation et de l'évolution des concentrations gazeuses au cours du temps permet la mesure en continu de la photosynthèse nette en CO₂ ou en O₂ (cf. Gerbaud, André 1979). Cependant la photosynthèse nette en CO₂ doit être corrigée des variations de pH de la phase liquide qui n'est pas réglée au sens strict.

Pour la première fois est obtenue une mesure de la photorespiration chez une macroalgue par la technique à l'¹⁸O₂ (cf. Gerbaud, André 1980 et André, Gerbaud, 1979). La connaissance de deux termes du bilan permet de déduire la photosynthèse brute en O₂ qui correspond au pouvoir réducteur réel des pigments photosynthétiques (figure 3). L'analyse des courbes sorties en brut de l'ordinateur montre que la courbe de vitesse de photosynthèse, donnée par les injections de CO₂, est en retard de plusieurs heures sur le créneau de lumière, ce qui illustre l'existence d'une résistance au passage du CO₂ de la phase gazeuse vers la forme dissoute assimilée par les algues. Le retard provoqué par la résistance induit un gradient de CO₂ entre les phases liquide et gazeuse dont les variations de pH donnent l'importance.

Une meilleure compréhension du comportement du système carbonique dans l'eau de mer naturelle vis à vis des échanges gazeux des algues est apportée. En particulier, nous avons mis en évidence l'importance de la résistance à la diffusion du CO₂ et à son intégration dans le système carbonique, dans la réalimentation du pool de bicarbonates déprimé par la photosynthèse (figure 4). Une régulation de pH sans apport de carbone masque mais ne supprime pas son effet (figure 5). Elle maintient les proportions constantes (figure 5 a), mais n'empêche pas la diminution du CO₂ total, conséquence de l'activité photosynthétique. La réalimentation par l'air est possible, mais au travers d'une résistance obligatoire. La prise en compte de cette dernière avec les variations journalières de pH dans un modèle en cours d'élaboration permettra de transposer les mesures concernant le CO₂ dans la phase gazeuse au milieu aquatique, et de suivre, en

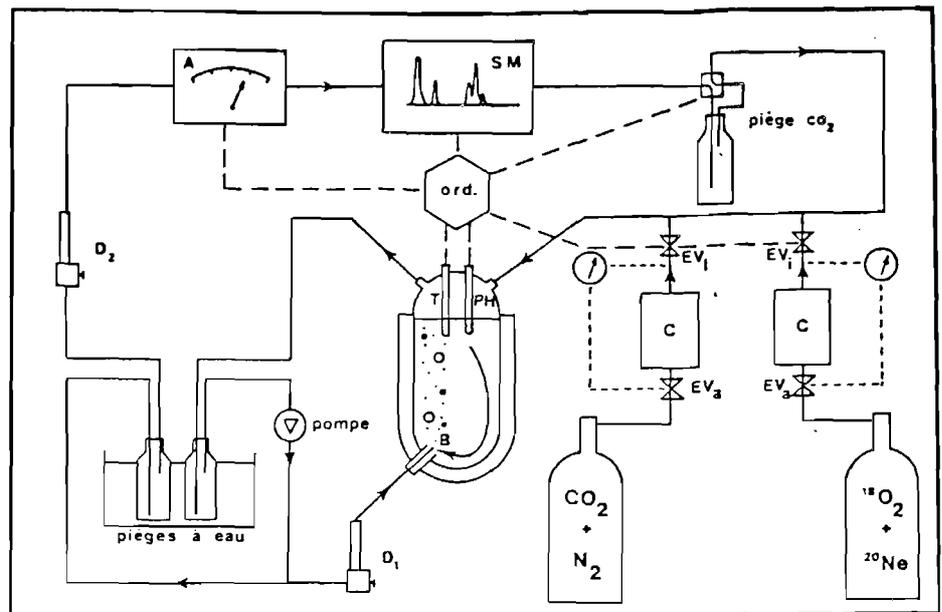
Figure 1 : Analyse de la croissance



Les deux méthodes, par mesure des échanges gazeux (o), où l'accumulation de CO_2 correspond au cumul de la photosynthèse diminuée de la respiration, et par pesées (*), concordent très bien pour une expérience de 14 jours pendant laquelle 3 pesées ont été réalisées. Des expériences similaires sur des échantillons différents montrent une forte corrélation (coeff.0,97) entre les deux méthodes de mesure de la croissance (dans l'encart). (Le point noir correspond à la courbe de croissance commentée ci-dessus).

Figure 2 :

Schéma général du dispositif expérimental



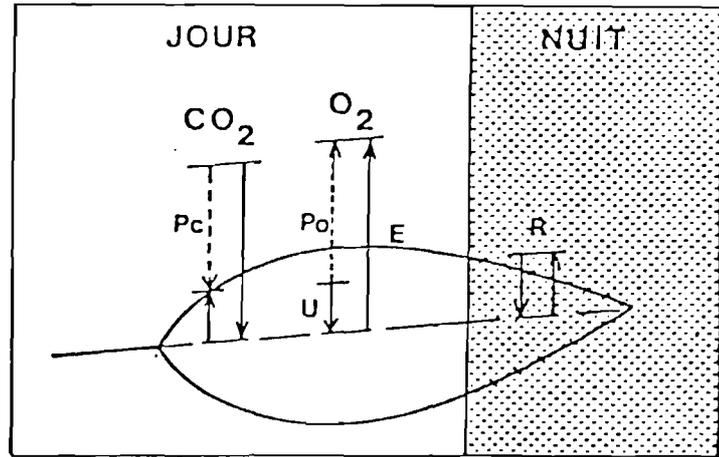
La chambre de mesure thermostatée (au centre) est munie d'une sonde de température (T) et d'une électrode de pH (PH). L'ordinateur (ord.) pilote les régulations et collecte les données 24 heures sur 24.

- Circuit d'analyse et de régulation des concentrations gazeuses : débit d'air régulé (D2), analyseur de CO_2 à infrarouge (A), spectromètre de masse (SM), piège à CO_2 , systèmes d'injection avec électrovannes d'injection (EVi) et d'admission (EVA) dans les capacités (C).

- Circuit d'aération et d'agitation : débit régulé (D1), verre fritté commandant la taille des bulles (B).

Figure 3 :

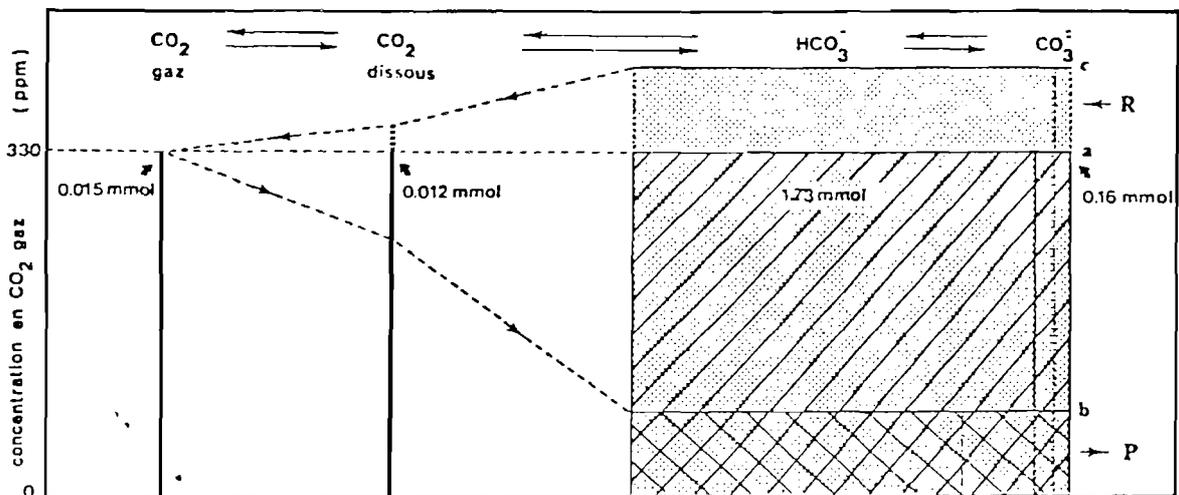
Flux d'O₂ et de CO₂
résultant des activités
photosynthétique et
respiratoire (R).



P_c et P_o représentent les photosynthèses nettes en CO₂ et O₂ respectivement.
 U^c est la prise d'O₂ sans lumière, mesurée par ¹⁸O₂.
 E , déduit de P_o et U^c , est la photosynthèse brute en O₂ et représente le pouvoir réducteur réellement disponible.

Figure 4 :

Schéma compartimental d'une carbonique.



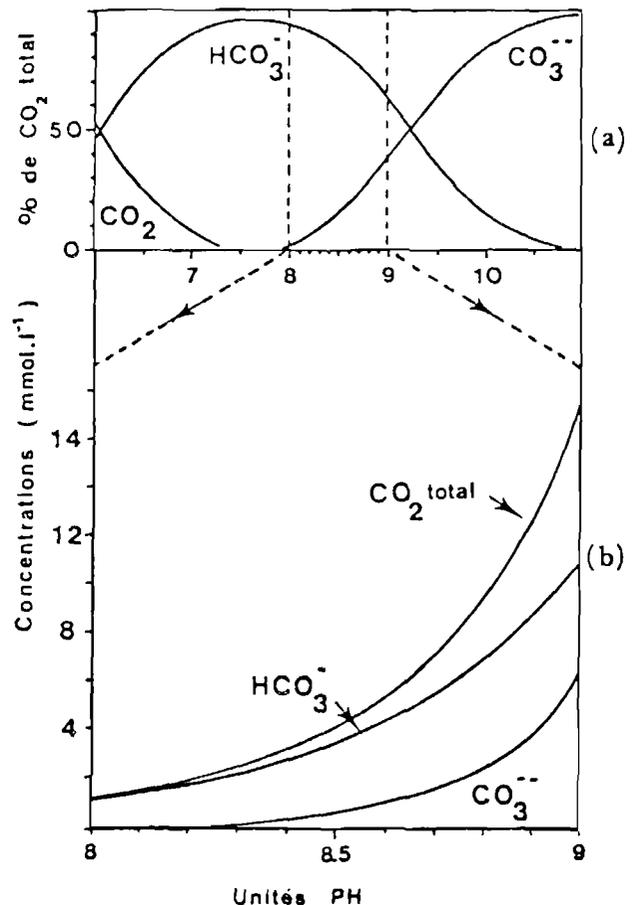
- a Etat d'équilibre avec une atmosphère normale (CO₂=330ppm) à pH=8.2 (eau de mer naturelle).
- b Niveau d'équilibre dynamique sous photosynthèse stationnaire (P) en fin de période lumineuse.
- c Niveau d'équilibre dynamique en fin de nuit, le compartiment étant réalimenté par la respiration(R).

Les surfaces correspondent aux quantités des différentes formes du CO₂ dans une eau de mer de salinité 35‰ et à 16°C. On note l'importance du compartiment HCO₃⁻ approximativement 100 fois plus grand que le compartiment CO₂ dissous. Sans réalimentation par l'atmosphère, il n'autorise que quelques heures de photosynthèse avec les densités utilisées en aquaculture (volume eau = volume air = 11)

Figure 5 : Différentes formes du CO_2 dans l'eau en fonction du pH. Cas de l'eau de mer (salinité : 35%, température : 16°C).

a - Pourcentage des différentes formes du CO_2 : CO_2 dissous, HCO_3^- , CO_3^{--} d'après EMERSON et GREEN.

b - Variation absolue du CO_2 , total et de ses différentes formes, sous une atmosphère équilibrée à 330 ppm de CO_2 ; (calculées à partir des constantes apparentes d'ionisation de l'acide carbonique données par MEHRBACH et al. 1973). La concentration en CO_2 dissous, $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mmol.l}^{-1}$, est pratiquement confondue avec l'axe horizontal.



continu, les concentrations en HCO_3^- et CO_3^{--} . D'intéressantes indications devraient en surgir à propos de la forme sous laquelle CO_2 est assimilé par les algues.

L'influence de l'intensité lumineuse et de la concentration en CO_2 sur une macroalgue d'intérêt industriel (*Chondrus crispus*) a déjà été abordée. L'étude de la sensibilité à l' O_2 est en cours, ainsi que l'influence de la température. On peut d'ores et déjà dire que *Chondrus crispus* en alimentation d'azote non limitative présente un faible niveau de photorespiration qui la rapproche des végétaux terrestres de type C_4 . La forte corrélation entre croissance en poids et accumulation de carbone justifie l'interprétation des échanges gazeux en termes de croissance (cf. figure 1).

ANDRE M., DAGUENET A., MASSIMINO D., VIVOLI J., RICHAUD C. 1979. Le laboratoire $\text{C}_2\text{3A}$. Un outil au service de la plante entière. I : les chambres de culture et les systèmes de mesure associés. Ann. Agron. 30 (2) 135-151.

ANDRE M., GERBAUD A. 1979. Consommation d' O_2 pendant la photosynthèse chez *Zea Mays* C.R. Acad. Sci. Paris 289 D, 793-796.

EMERSON R., GREEN L. 1934. Manometric measurements of photosynthesis in the marine alga *Gigartina*. J. Gen. Physiol., 17 : 817-842.

GERBAUD A., ANDRE M. 1979. Photosynthesis and Photorespiration in whole plant of wheat, Plant Physiol. 64 : 735-738.

GERBAUD A., ANDRE M. 1980. Effect of CO_2 , O_2 and light on photorespiration in wheat, Plant Physiol. 66 : 1031-1036.

MEHRBACH C., CULBERSON C.H., HAWLEY J.E., PYTKOWICZ R.M. 1973. Measurements of the apparent dissociation constants of carbonic acid in Seawater at atmospheric pressure. Limnol. Oceanogr. 18 (6) : 897-907.

INFLUENCE DE LA NUTRITION AZOTÉE SUR LA CROISSANCE ET LA PRODUCTION D'HYDROCARBURES
DE *BOTRYOCOCCUS BRAUNII*

F. BRECKMANN*, C. LARGEAU*, E. CASADEVALL* & C. BERKALOFF**

* Laboratoire de Chimie Bioorganique et Organique Physique - ERA CNRS 685, E.N.S.C.P.
11, rue P. et M. Curie - 75231 PARIS CEDEX 05

** Laboratoire de Botanique-Cytophysiologie Végétale - LA CNRS 311, E.N.S.
24, rue Lhomond, 75231 PARIS CEDEX 05

INTRODUCTION

L'algue verte unicellulaire *Botryococcus braunii* est caractérisée par des teneurs particulièrement élevées en hydrocarbures, jusqu'à 35 % du poids sec en laboratoire (1) et 75 % dans la nature (2). En général les autres végétaux synthétisent des hydrocarbures mais en quantité très faible, de l'ordre de 1 % (3). D'autre part chez cette algue la teneur en hydrocarbures est très variable : elle dépend du lieu de récolte dans la nature (2,6), des techniques de culture au laboratoire (1,7) et aussi de la souche (8). Cette variabilité permet d'envisager une amélioration de la production d'hydrocarbures de *Botryococcus* en modifiant des paramètres de culture. La nutrition azotée semblait être un point intéressant à étudier. En effet, des études sur l'accumulation de lipides chez plusieurs espèces d'algues vertes (4) ont montré que ce processus apparaît souvent en carence d'azote quand les divisions cellulaires sont bloquées ou faibles, alors que la fixation de carbone se poursuit. Dans ces cellules carencées, l'azote disponible est mobilisé dans les enzymes et structures essentielles pour leur survie, et le carbone fixé est utilisé pour la synthèse de sucres et de lipides. Dans le cas des lipides ces accumulations correspondent surtout à des dérivés d'acides gras ; or, nous savons par ailleurs que les hydrocarbures linéaires de *Botryococcus* dérivent directement des acides gras (5).

L'objet de ce travail a été de déterminer si l'accumulation d'hydrocarbures chez *Botryococcus* correspondait aussi à un état de carence azotée.

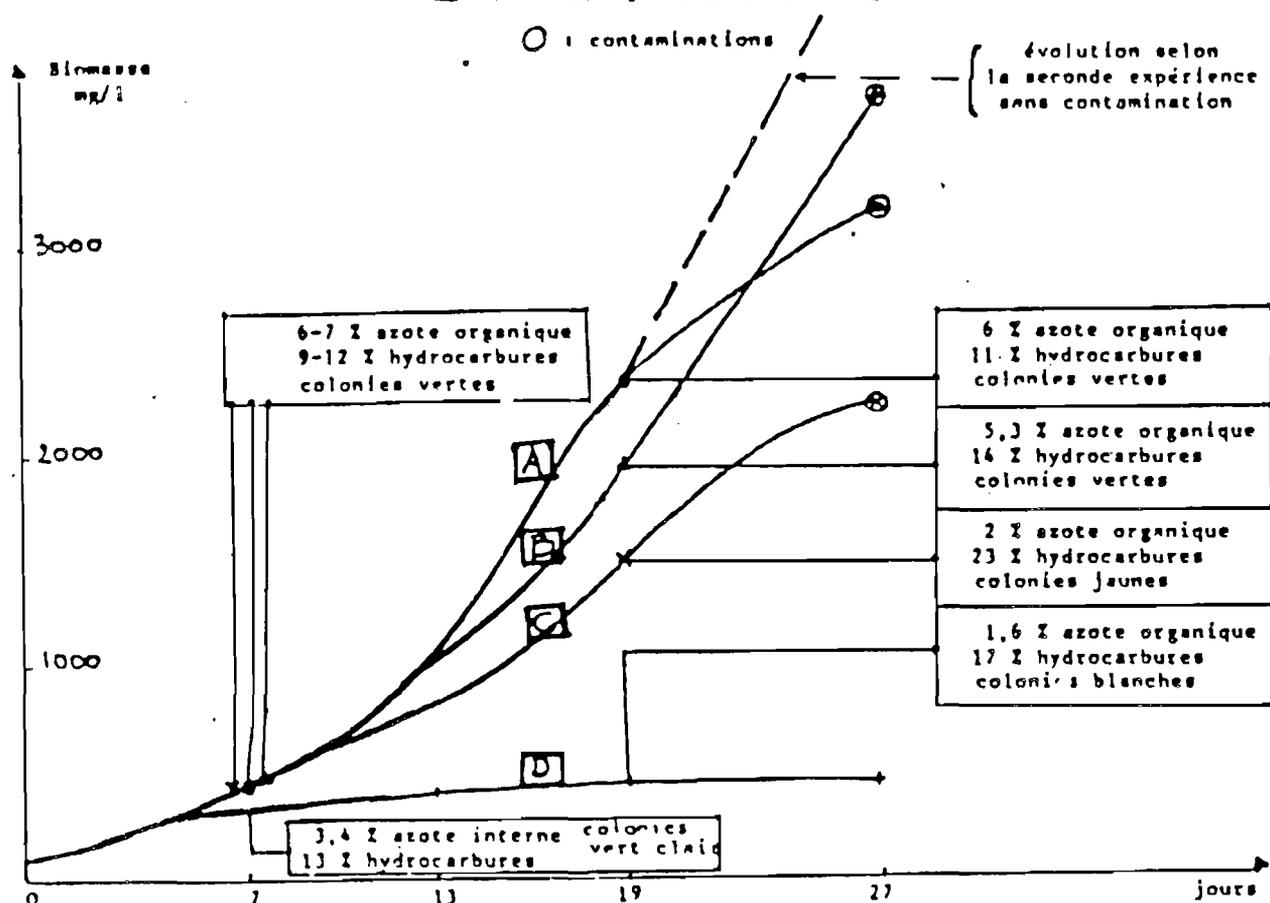
MATERIEL ET METHODE

Une souche axénique (axénicité vérifiée par étalement sur milieu gélosé standard Merck) a donc été cultivée dans des milieux (CHU 13 x 4 décrit dans (5)) contenant différentes concentrations de KNO_3 : 0 g/l ; 0,2 g/l ; 1 g/l ; 3 g/l. Les cultures ont été conduites en éprouvettes hermétiques avec bullage d'air + 1 % CO_2 , à la température de 25°C et sous un éclairage continu de 400 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$. La biomasse, l'azote organique interne, les nitrates du milieu, les hydrocarbures, l'aspect morphologique et la couleur des colonies, ainsi que l'axénicité ont été suivis au cours du temps. Deux expériences consécutives ont été exécutées.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de la première expérience, confirmés par la deuxième, sont partiellement résumés dans la figure suivante :

Courbe de croissance de *Botryococcus braunii* (souche Austin exénique)
cultivée avec 4 concentrations différentes de KNO_3 :



Biomasse : Les retards de l'apparition du point d'inflexion et de la phase stationnaire avec l'augmentation de la concentration initiale en nitrates, montrent que le nitrate devient le premier le facteur limitant pour les milieux contenant 0,2 g/l, 1 g/l. Pour 3 g/l, le cas sera discuté plus loin. D'autre part on remarque qu'à 0 g/l une croissance est encore possible (divisions cellulaires et synthèses) grâce à l'azote de l'inoculum. Les phases stationnaires des cultures à 1 et 3 g/l n'ont pu être atteintes. Les expériences ont été prématurément stoppées à cause de contaminations accidentelles survenues au cours des prélèvements à 19 jours. La contamination sur la culture à 3 g/l a un effet très négatif sur la biomasse.

L'azote organique interne : Son dosage permet de définir trois stades physiologiques :

- 6-7 % du poids sec (cet ordre de pourcentage est fréquemment rencontré chez d'autres algues unicellulaires (4, 9)) est la teneur maximale identique pour les trois cultures. Dans ces trois cas, les algues sont en phase de croissance active.

- 3 % est atteint lorsque la culture devient vert-jaune, aux environs du point d'inflexion de la courbe à 0,2 g/l. Il y a carence. Les divisions cellulaires sont ralenties, les synthèses se poursuivent encore, mais beaucoup de cellules entrent en phase de dégénérescence et présentent de gros globules internes.

- 1,5 % est la teneur minimale. Les cultures sont décolorées, les cellules sont dégénérescentes et la biomasse n'augmente plus.

Les nitrates du milieu : *Botryococcus* est capable d'absorber la totalité des nitrates des milieux à 0,2 g/l et 1 g/l (seuil de détection < 5 ppm). Dès lors on observe un début de jaunissement et une teneur critique en azote interne de 3 %. A 3 g/l on observe en fin de culture une concentration de KNO_3 encore élevée, 1000 ppm, alors que l'azote organique commence à diminuer. Un autre élément limitant joue sans doute alors un rôle dans l'absorption des nitrates.

Les hydrocarbures : Botryococcus a l'originalité de synthétiser en grande quantité des hydrocarbures tout au long de sa croissance, en particulier lors de la phase de division active (10 % du poids sec en hydrocarbures linéaires). Dans cette phase exponentielle les productivités en biomasse et en hydrocarbures sont maximales. Néanmoins, l'appauvrissement des cellules en azote organique favorise davantage l'orientation du métabolisme vers la production d'hydrocarbures. Au cours du vieillissement la production de biomasse baisse plus vite que la production en hydrocarbures ; d'où l'accroissement du pourcentage en hydrocarbures jusqu'à une valeur maximale de 23 %. Cette teneur est atteinte d'autant plus vite que la concentration en KNO_3 initiale est plus faible. Ce comportement au cours du vieillissement est, lui, comparable à celui d'autres algues (4,9). Parallèlement aux nitrates, d'autres facteurs, le CO_2 et la lumière qui influencent l'apport de carbone et d'énergie, jouent un rôle primordial sur la production d'hydrocarbures. En effet dans des conditions de culture différentes (en lumière plus faible et/ou sans bullage), la souche d'Austin peut ne contenir pas plus de 3 % d'hydrocarbures au cours de sa croissance.

CONCLUSION

La productivité en hydrocarbures est maximale dans la phase exponentielle de croissance, quand les nitrates ne sont pas encore limitants. Néanmoins dans la phase de vieillissement causée par une carence en azote, la synthèse des hydrocarbures est moins affectée que les autres synthèses, ce qui se traduit par une augmentation du pourcentage, par une accumulation des hydrocarbures. Il est donc possible d'envisager de cultiver cette algue à plus grande échelle, en continu ou semi continu (ce mode de culture maintient les cellules en croissance active) à des fins de production d'hydrocarbures.

REMERCIEMENTS

Ce travail fait parti d'un large programme d'étude centré sur B. braunii avec comme objectif la production renouvelable d'hydrocarbures. Il est soutenu par : le PIRSEM-CNRS, les Communautés Européennes et Elf-Aquitaine.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) LARGEAU C. et al. 1980 - Renewable hydrocarbon production from the alga Botryococcus braunii in Energy from biomass 1st E.C. Conference. W. Palz, P. Chartier and D.O. Hall Ed. Applied Science Publishers, London, p. 653-658.
- (2) MAXWELL J.R. et al. - The Botryococcènes - Hydrocarbons of novel structure from the alga Botryococcus braunii - Phytochem., 1968, 7, 2157-2171.
- (3) WEETE J.D. 1976 - Algal and Fungal waxes in Chemistry and Biochemistry of natural waxes, KOLATTUKUDY Ed, Elsevier publish. p. 350.
- (4) SHIFFRIN N.S. et al. 1980 - Phytoplankton lipids : Environmental influences on production and possible commercial applications. Algae biomass production and use - G. Shelef and C.J. Soeder Ed ; Elsevier - North Holland p. 627.
- (5) LARGEAU C. et al. - The biosynthesis of long chain hydrocarbons in the green alga Botryococcus braunii - Phytochem., 1980, 19, 1081-1085.
- (6) WAKE L.V. et al. - Nature and hydrocarbon content of blooms of the alga Botryococcus braunii occurring in Australian freshwater lakes. Austr. J. Mar. Freshwater Res. 1981, 32 353-367.
- (7) CASADEVALL et al. 1981 - Production d'hydrocarbures par culture de l'algue Botryococcus braunii in Energy from biomass, série E, D. Reidel publishing company for the C.E.C. W. Palz and G. Grassi Ed., 2, p. 142-152.
- (8) CHIRAC C. - 1983 - Etude de l'influence des bactéries et de quelques paramètres physico-chimiques sur la production d'hydrocarbures par Botryococcus braunii. Thèse de 3ème cycle - Spécialité biochimie et biologie appliquée - Université Clermont II.
- (9) FOGG G.E. - 1959 - Nitrogen nutrition and metabolic pattern in algae - 13ème symp. of the Soc. of Exp. Biol., 13 p. 106-125.

DÉGRADATION DES CONSTITUANTS CELLULAIRES EN PHASE ACIDOGÈNE LORS DE LA DIGESTION ANAÉROBIE DE LA BIOMASSE VÉGÉTALE AQUATIQUE

F. BROUARD & A. BORIES

Institut National de la Recherche Agronomique, Station d'Oenologie et de Technologie des Produits végétaux 11104 NARBONNE

Le principal facteur limitant les performances de la fermentation méthanique de la biomasse végétale aquatique est sa liquéfaction (1, 2, 3). Au cours de cette étape initiale et inévitable de la digestion anaérobie, les structures pariétales sont solubilisées par action enzymatique, puis les monomères sont fermentés par les bactéries. Améliorer la vitesse et le rendement de solubilisation de ces matières, c'est résoudre l'essentiel du problème de la valorisation énergétique de ce type de biomasse solide. Plusieurs types de prétraitements ont été proposés :

- thermochimiques (pH et température)
- physiques (ex. broyage)
- enzymatiques

Ces derniers, déjà utilisés pour les plantes supérieures, n'ont jusqu'à présent jamais été étudiés sur des algues dans l'optique de valorisation énergétique. On a donc cherché à savoir s'ils étaient envisageables sur deux macroalgues vertes : Enteromorpha intestinalis et Ulva lactuca.

I- HYDROLYSE ENZYMATIQUE

Les oses représentent les constituants majeurs des substrats étudiés; aussi, l'action hydrolytique de polysaccharases: xylanases, hémicellulases, cellulases, a été étudiée sur les deux ulvacées.

Le traitement enzymatique a été associé à d'autres types de prétraitements de nature soit physique (broyage à billes), soit chimique (action de la soude).

Les deux macro-algues (E. intestinalis, U. lactuca), hâchées, mises en suspension dans l'eau subissent soit un broyage à billes, soit une addition de soude, préalablement à l'addition des préparations enzymatiques. Les essais où le substrat, hâché, ne reçoit que l'addition d'enzymes font figure de témoin.

Le tableau 1 mentionne les résultats obtenus. Ceux-ci indiquent la quantité d'oses libérés exprimée en pour cent des sucres totaux des substrats.

Conditions expérimentales

- . macération : 24 h. - 50°C - pH 4,8
- . algues : 40 g/l (poids sec)
- . enzymes : 5 % (poids/poids) + antiseptique : merthiolate

M = Maxazyme CL 2000
Cp = Rapidase CL4 (*)
MG = M + Filtrase AM

Tabl. 1 : Pourcentage des sucres solubilisés (en p.100 des sucres totaux des substrats) après macération enzymatique couplée à divers prétraitements

	Enzymes	Hâchage	Broyage à billes	Na OH 1 p.100	Na OH 5 p.100
<u>Enteromorpha</u>	MG	14,9	17,5	5,7	5,4
	Cp	15,7	20,3	-	-
<u>Ulva</u>	M	22,2	35,5	-	-
	Cp	37,7	51,5	57,6	51,3

Les rendements d'hydrolyse enzymatique d'U. lactuca sont supérieurs à ceux obtenus avec E. intestinalis. Il faut voir là une conséquence de la différence de composition chimique des deux algues avec en particulier la prépondérance du rhamnose chez E. intestinalis et du glucose chez U. lactuca.

Les résultats encourageants obtenus avec cette algue ont conduit à poursuivre les essais en associant action enzymatique et broyage à la digestion anaérobie.

II- FERMENTATION ACIDOGENE

Les monomères libérés par hydrolyse sont fermentés très rapidement en métabolites intermédiaires : acides gras volatils (AGV) principalement, lactate,.. Cette phase est nommée acidogénèse ou acidification. Les métabolites sont ensuite transformés en acide acétique (acetogénèse), principal substrat direct des bactéries méthanogènes (méthanogénèse au sens strict). Ces deux dernières sous étapes, très étroitement associées, constituent la seconde phase : production de méthane ou méthanogénèse au sens large. La séparation de la fermentation en deux étapes a été proposée pour en optimiser les deux phases (4).

Les conditions physicochimiques de la phase acidogène, (pH < 6) sont plus favorables à l'activité des polysaccharases (pH optimum d'activité : 5,5).

Nous avons donc étudié la fermentation d'U. lactuca en phase acidogène, associée à un prétraitement enzymatique du substrat.

La solubilisation du substrat est examinée par la mesure des AGV,
* Sté RAPIDASE

la demande chimique en oxygène (DCO) et la concentration en matières en suspension (MES). Le tableau suivant rapporte les données obtenues au cours de fermentation acidogène en subcontinu (substrat introduit 1 fois/jour).

Tabl. 2 : Composition du digestat après fermentation acidogène

MES : 45 g/l (matières en suspension)
 MESO : 24,7 " (matières en suspension organique)
 DCO : 23,4 " (demande chimique en oxygène)

Traitement appliqué :		Algues hâchées (Témoin)	Algues broyées (billes)	Algues broyées + addition d'enzyme CP (0,5% poids/poids)
Temps de séjour :		6	5	5
pH :		6,6	6,3	5,8
ACIDES GRAS VOLATILS (g/l)	acétique C ₂	2,57	2,68	2,52
	propionique C ₃	1,23	1,35	0,56
	isobutyrique iC ₄	0,07	0,065	0
	butyrique C ₄	0,26	0,31	1,15
	isovalérique iC ₅	0,12	0,07	0,04
	valérique C ₅	0,08	0	0,73
	caproïque C ₆	0	0	1,1
AGV totaux (g/l éq. a.acétique)		5,27	5,36	9
DCO liquide (g/l)		10,1	8,1	14,7
MES (g/l)		22,4	21,3	17
Taux de liquéfaction (DCO solubilisée en % de la DCO initiale)		43	34	63

En acidogénèse, le broyage à billes seul n'améliore pas la liquéfaction d'U. lactuca contrairement à l'action conjuguée des polysaccharases et du broyage. Dans ce cas, on liquéfie 63 p.100 de la biomasse pour un temps de séjour de 5 j. alors que sans prétraitement on n'en liquéfie que 43 p.100 (par rapport à la DCO) pour un temps de séjour de 6 j.

IFREMER-SDP
 Centre de BREST
 Bibliothèque
 C.P. 70. 29269 PLOUZANE

Conclusions

La solubilisation des constituants cellulaires des macro-algues obtenue par action enzymatique associée à un broyage poussé (billes) améliore la conversion des substrats en phase de fermentation acidogène.

On peut envisager le procédé de digestion anaérobie en deux étapes :

- Liquéfaction-acidogénèse: dans une première étape associée au prétraitement afin de solubiliser et transformer les substrats complexes en intermédiaires, fermentescibles en phase méthanique

- Production de méthane à partir de la phase solubilisée seulement. En effet, la méthanisation d'une phase liquide est bien plus aisée, et les performances apportées par des technologies de réacteurs appropriées, telles que les filtres anaérobies, permettent de réduire considérablement les volumes de fermentation.

En collaboration avec la Compagnie Générale d'Electricité (Laboratoires de MARCOUSSIS) et sous l'égide du Ministère de l'Environnement, l'I.N.R.A. - Narbonne poursuit ces recherches sur la liquéfaction en adaptant de nouvelles technologies de digesteur à ce type de biomasse et en étudiant les possibilités de fixation d'enzymes.

Bibliographie

- 1- KLASS D.L. (1980) In "Proceedings Bio-Energy 80", April 21-24, 1980, Atlanta. 165 Eye Street, N.W., Suite 825 A. - Washington, D.C. 20006, U.S.A.
- 2- WISE D.L., AUGENSTEIN D.C., RYTHER J.H. Res. Rec. Conserv., 1979, 4, 217-237.
- 3- BROUARD F., BORIES A., SAUZE F. In "2nd European Communities Conference : "ENERGY FROM BIOMASS" A. Streub, P. Chartier, G. Schleser. Berlin, 20-23 Sept. 1982. Applied Science Publishers.
- 4- GHOSH S., KLASS D.L. Proc. Biochem., 1978, 13, 15-24.

PRODUCTION DE BÉTALAÏNES PAR CULTURE DE CELLULES DE *MYRTILLOCACTUS*,
PASSAGE DE L'HÉTÉROTROPHIE A L'AUTOTROPHIE AVEC DES CULTURES DE CELLULES D'*ASPARAGUS*

C. BULARD*, D. CHAUMONT**, C. GUDIN** & J. MARY*

* *Laboratoire de Physiologie Végétale, Faculté des Sciences et des Techniques
28, avenue Valrose 06034 NICE CEDEX*

** *Laboratoire de Biotechnologie Solaire, A.R.B.S., CEN Cadarache, B.P. N° 1,
13115 SAINT PAUL LEZ DURANCE*

I) Réalisation de cultures cellulaires en suspension de type mixotrophe
et essais d'induction de pigments bétalaïques chez *Myrtillocactus
geometrizzans* (Mart.) Cons. (T.). (1)

Des cultures de tissus, réalisées à partir d'hypocotyles de jeunes
plantules, maintenues sur milieu Linsmaier-Skoog additionné de 0,2 mg/l
de kinétine, 2 mg/l d'acide indolyl-acétique et 30 mg/l de saccharose
constituent le matériel de départ.

1) Mise au point de cultures cellulaires en suspension

Pour obtenir dissociation et prolifération après transfert des fragments
de cals en milieu liquide, il est nécessaire de modifier profondément
la composition du milieu d'origine : changement dans la nature de la
source hydrocarbonée (glucose au lieu de saccharose), diminution
de moitié des teneurs en auxine et kinétine, apport supplémentaire de
pyridoxine, acide nicotinique et glutamine. Les concentrations en
sucre, tant dans le milieu solide d'origine que dans le milieu liquide
ont une grande importance. Les meilleurs résultats sont obtenus pour
la séquence saccharose 15 g/l (milieu solide) \longrightarrow glucose 15 g/l
(milieu liquide).

Le milieu liquide mis au point assure, après repiquage, la
multiplication ultérieure des cellules dissociées, permettant d'obtenir
une culture cellulaire en suspension. La courbe de croissance obtenue
est typique. La synthèse de chlorophylle est plus importante sous
4000 lux que sous 2000 lux.

2) Essais d'induction de la pigmentation

Ayant observé que les pigments bétalaïques apparaissent sporadiquement dans les cultures de tissus sénescents, nous avons recherché les conditions permettant d'obtenir une induction précoce et contrôlée. Il s'avère qu'après de nombreux repiquages sur milieu solide contenant des concentrations élevées de sucre (par exemple 30 g/l de glucose) et à condition d'effectuer des repiquages rapprochés (20 jours) sur ce milieu ou sur des milieux à concentrations encore plus élevées en sucre (par exemple 45 g/l de glucose), l'induction est obtenue rapidement pour un pourcentage élevé d'échantillons et sur une partie importante du cal. La coloration ne persiste pas plus d'une quinzaine de jours, la portion pigmentée se décolorant lentement. Il existe un processus complexe aboutissant à la formation d'un nouveau cal vert à partir de cals incomplètement induits. Un nouveau cycle d'induction de la pigmentation suivi de décoloration peut se produire.

Les mêmes conditions expérimentales (fortes concentrations de glucose ou saccharose) ne permettent pas l'induction de la pigmentation en milieu liquide (cals ou cultures cellulaires).

En revanche, il est possible, après induction en milieu solide d'obtenir le maintien de la coloration en milieu liquide. Les résultats sont particulièrement intéressants pour la séquence saccharose 30 g/l (milieu solide) —> glucose 45 g/l (milieu liquide). Il est alors possible d'obtenir la multiplication de cellules pigmentées en suspension tout au moins en première génération, l'échec obtenu en deuxième génération prouvant que la composition du milieu de culture n'est pas encore optimale.

Ainsi, en jouant sur la composition du milieu de culture, on peut orienter les potentialités des cellules dans des directions bien différentes. La nature et la concentration en sucre semblent jouer un rôle particulièrement important dans ces phénomènes.

II) Passage de l'hétérotrophie à l'autotrophie avec des cultures d'*Asparagus* (2)

En conditions hétérotrophiques, le milieu de culture des suspensions cellulaires d'*Asparagus* est celui de Murashige et Skoog.

La source d'hydrocarbure est le lactose (20 g/l).

Le passage de l'hétérotrophie à la photoautotrophie est obtenu en réduisant graduellement la concentration en sucre du milieu de culture en présence de lumière tout en augmentant la concentration en CO₂ de l'atmosphère du mélange gazeux injecté dans le cultivateur (1 % de CO₂ en mélange dans l'air à raison de 15 volumes de mélange gazeux/volume de culture/heure). Ce passage peut s'obtenir selon les cas entre 18 et 55 jours de culture. Il est mesuré par les échanges d'oxygène en présence et en absence de lumière avec une électrode à oxygène (Électrode polarographique de Clark). Le point de compensation est atteint lorsque le bilan respiratoire est égal au bilan photosynthétique. Lorsque le rapport est < 1 nous sommes en hétérotrophie. Lorsqu'il est > 1 nous sommes en photoautotrophie. Ce passage de l'hétérotrophie à la photoautotrophie s'obtient aussi bien en flacons aérés du type Bergman qu'en fermenteur de Street agité mécaniquement.

Le passage à l'autotrophie d'une suspension de *Mytillocactus* permettrait d'étudier les conditions de production d'un métabolite (Bétalaïne) selon les technologies de culture des micro-algues.

Bibliographie

- (1) J. Mary - Thèse de doctorat de spécialité. Université de Nice
Fac. des Sc. et Tech. 30.11.82
- (2) C. Gudin et E. Peel - Brevet UK, 1, 401, 681 (1975)

ÉTUDE ANALYTIQUE DE SOUCHES SAUVAGES DE *BOTRYOCOCCUS BRAUNII* :
NATURE DES HYDROCARBURES

Eliette CASADEVALL*, Pierre METZGER*, Claude LARGEAU* & Alain COUTÉ**

* Laboratoire de Chimie Bioorganique, ERA CNRS 685, E.N.S.C.P.
11, rue P. et M. Curie 75231 PARIS CEDEX 05

** Laboratoire de Cryptogamie, LA CNRS 257, Museum National d'Histoire Naturelle
12, rue Buffon - 75005 PARIS

L'algue riche en lipides, *Botryococcus braunii*, a longtemps posé un problème de classification aux paléobotanistes et aux géologues intéressés par l'origine de certains charbons d'algues. Son caractère polymorphe (taille des cellules et des colonies) et sa pigmentation variée avaient conduit à admettre l'existence de plusieurs espèces (*B. braunii*, *Pila*, *Reinschia*, *Eloephyton coorongiana*...). Une étude morphologique approfondie de BLACKBURN d'une part, et TEMPERLEY d'autre part indiquait cependant que toutes ces algues, possédant des caractères très proches, appartiendraient au genre *Botryococcus* (1).

Cependant des analyses chimiques du matériel huileux synthétisé en abondance par cette algue (jusqu'à 75 % du poids sec) ont montré que les hydrocarbures qui le constituent, étaient de nature très différente. A partir de l'observation d'algues prélevées en milieu naturel il a été suggéré que :

- les hydrocarbures à longue chaîne linéaire : diènes C_nH_{2n-2} , n impair de 23 à 31, et triènes C_nH_{2n-4} avec n = 27 et 29 essentiellement, seraient produits par la forme verte en phase de croissance active (2).

- les hydrocarbures à base de motifs isopréniques, de formule générale C_nH_{2n-10} $30 < n < 37$, appelés botryococcènes, seraient synthétisés par la forme orange en phase de repos physiologique (3).

Mais ceci n'a pu être confirmé à partir de souches cultivées en réacteurs pour trois raisons :

- Les souches d'algothèques produisent un seul type d'hydrocarbure : les hydrocarbures linéaires normaux.

- Il n'a pas été jusqu'ici possible de faire apparaître la forme rouge produisant des botryococcènes à partir des souches d'algothèques.

- Les essais pour mettre en culture des souches sauvages à botryococcènes avaient jusqu'à présent échoué.

Des observations récentes (4) faites à partir de matériel collecté dans la nature, semblaient cependant indiquer que la nature des hydrocarbures ne serait pas liée à la couleur de l'algue. Mais la présence d'hydrocarbures linéaires à l'état de composants mineurs par rapport aux botryococcènes pouvait signifier dans ce cas : soit que le métabolisme de l'algue déviait sous l'influence de facteurs non déterminés, soit que les populations n'étaient pas homogènes.

En étudiant la production d'hydrocarbures par cette algue (5), nous avons recherché l'influence de la souche mise en culture, sur la productivité et la nature des hydrocarbures. Diverses souches sauvages collectées dans des zones géographiquement éloignées ont été utilisées.

METHODES

Les hydrocarbures ont été isolés à partir des différents échantillons collectés selon une méthode déjà décrite (5) et soumis à diverses analyses : Infra-rouge, Résonance Magnétique Nucléaire du proton, Chromatographie en Phase Vapeur - Spectrométrie de Masse ; une évaluation de la teneur en hydrocarbures a été effectuée lorsque le matériel était en quantité suffisante. Jusqu'à présent cinq souches sur sept ont pu être isolées selon des techniques classiques et cultivées en système fermé dans des conditions strictement identiques : milieu CHU modifié (5), agitation et aération par bullage 1 % CO_2 , éclaircissement 24H/24H, température 25°C.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les principaux résultats de cette étude analytique sont rassemblés dans le tableau ci-dessous. Son examen fait ressortir que :

Origine	Souches collectées dans la nature couleur	hydrocarbures*		Souches cultivées en batch (20 jours) hydrocarbures*	
		Nature	%/poids sec	Nature	%/poids sec
<u>Antilles-Martinique</u>					
Paquemar	rouge	B C33 à 37	28	B C33 et 34	41
La Monzo	verte	B C33 à 37	36	B C33 et 34	36
<u>Australie</u>					
Darwin	brunâtre	B C33 à 37	29		
<u>France</u>					
<u>Morvan</u> Chaumeçon	verte	**		A.d. C23 à 31	61
Crescent	verte	**		A.d. C23 à 31	40
Lingoult	verte	**		{ A.d. C23 à 31 A.t. C27 et 29	32
<u>Landes</u> Sanguinet	jaune, rouge et verte	B C33 et 34	36		
<u>Algothèque</u>					
Austin (USA)				A.d. C23 à 31	20

* B : botryococcènes; A.d. : alcadiènes, A.t. ; Alcatrènes.

** Matériel collecté en quantité insuffisante pour effectuer une analyse précise.

- la nature des hydrocarbures n'est pas liée à l'état physiologique de l'algue : des algues vertes en croissance active sont tout aussi capables de synthétiser des botryococcènes que des algues rouges.

- une algue produisant initialement des botryococcènes dans la nature, continue en culture au laboratoire à ne produire que des botryococcènes, et ceci tout au long de sa courbe de croissance.

- des teneurs en hydrocarbures aussi élevées que celles observées à partir d'algues récoltées en milieu naturel sont obtenues en laboratoire, sans que l'étude d'un milieu optimal ait été réalisée.

- les souches à hydrocarbures linéaires, d'origine sauvage, ont des teneurs en hydrocarbures généralement supérieures à celles observées pour les souches d'algues.

- la production de certains hydrocarbures de type botryococcènes présente une grande variabilité : une étude approfondie devrait permettre de déterminer quels facteurs sont à l'origine de cette variation (milieu, éclairage, température...).

D'après ces résultats il apparaît donc que les algues difficilement discernables sur le plan morphologique synthétisent des hydrocarbures différents : soit de type linéaire à longue chaîne, soit à motifs isopréniques ; une seule souche n'est pas à même de les synthétiser successivement. Si l'on se base sur la nature chimique des hydrocarbures produits, B. braunii recouvre donc soit deux variétés, soit même deux espèces distinctes. En effet, d'une part la biosynthèse de ces hydrocarbures met en jeu des processus très différents : décarboxylation d'acides gras à longue chaîne pour les alcadiènes et triènes, synthèse terpénique pour les botryococcènes ; d'autre part il s'agit là de composés produits en abondance.

CONCLUSION

La nature des hydrocarbures produits par diverses souches sauvages de B. braunii conduit à admettre l'existence de deux espèces ou de deux variétés. Des taux très élevés de matériel huileux sont observés avec les souches sauvages cultivées, qu'il s'agisse d'algues à botryococcènes ou d'algues à alcadiènes et triènes.

REMERCIEMENTS

Ce travail fait parti d'un large programme d'étude centré sur B. braunii, avec comme objectif la production renouvelable d'hydrocarbures. Il est soutenu par : le PIRSEM-CNRS, les Communautés Européennes et Elf-Aquitaine.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BLACKBURN K. - A reinvestigation of the alga Botryococcus braunii Kützing. Trans. R. Soc. Edinburgh, 1936, 58, 841-854.
TEMPERLEY B.N. - The boghead controversy and the morphology of the boghead algae. Trans. R. Soc. Edinburgh, 1936, 58, 855-868.
- 2) GELPI E., ORO J., SCHNEIDER H. and BENETT E. - Olefins of high molecular weight in two microscopic algae. Science, 1968, 161, 700-702.
- 3) MAXWELL J., DOUGLAS A., EGLINTON G. and McCORMICK A. - The Botryococcènes. Hydrocarbons of novel structure from the alga Botryococcus braunii Kützing. Phytochemistry 1968, 7, 2157-2171.
- 4) WAKÉ L. and HILLEN L. - Nature and hydrocarbon content of blooms of the alga Botryococcus braunii occurring in australian freshwater lakes. Aust. J. Mar. Freshwater RES., 1981, 32, 353-367.
- 5) LARGEAU C., CASADEVALL E., BERKALOFF C. et DHAMELINCOURT P. - Sites of accumulation and composition of hydrocarbons in Botryococcus braunii. Phytochemistry, 1980, 19, 1043-1051.

PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES D'UNE SUBSTANCE POLYSACCHARIDIQUE SULFATÉE
(ARMATAN) ISOLÉE À PARTIR DE *ASPARAGOPSIS ARMATA* HARV. (RHODOPHYCÉE BONNEMAISONIALE)

M. CHALET*, M. VIGNAUD*, B. CAPORICCIO*, M. BRAUN*,
L. CODOMIER**, J. TESTE** & G. CATAYÉE*

* Laboratoire d'Histologie, Embryologie et Cytogénétique
Faculté de Médecine 34060 MONTPELLIER CEDEX

** Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles Marines, Faculté des Sciences
66025 PERPIGNAN CEDEX

Asparagopsis armata Harv. est une algue rouge marine (Rhodophycée, Bonnemaisoniale) qui constitue le gamétophyte alternant avec un tétrasporophyte connu sous le nom de *Falkenbergia rufolanosa* Harv. L'algue originaire des côtes australiennes s'est répandue depuis une quarantaine d'années sur les côtes françaises. Nous la récoltons en Méditerranée occidentale sur la côte des Albères aux environs de Banyuls-sur-Mer. L'injection sous-cutanée d'un broyat d'algue provoque une réaction inflammatoire et nous avons isolé le principe actif contenu dans ce broyat qui est un polysaccharide sulfaté : l'armatan. Les propriétés biologiques de cette substance ont été étudiées.

I- MATERIEL ET METHODES

La méthode de préparation de l'armatan que nous avons utilisée (1) s'inspire de méthodes générales employées pour la séparation de polysaccharides renfermés dans les tissus animaux. L'armatan a été caractérisé d'abord "in vivo" par des méthodes histochimiques spécifiques des polysaccharides sulfatés : métachromasie au bleu de Toluidine, bleu alcian, acide périodique Schiff et par une analyse chimique.

Des propriétés biologiques de l'armatan ont été envisagées *in vivo* : étude de la réaction inflammatoire après injection sous-cutanée et *in vitro* : action mitogène et activité héparine-like.

● **CINÉTIQUE DES MODIFICATIONS CELLULAIRES INDUITES PAR L'ARMATAN** Tableau 1
AU POINT D'INJECTION (INJECTION SOUS-CUTANÉE 1mg/0,1ml DE P.B.S)

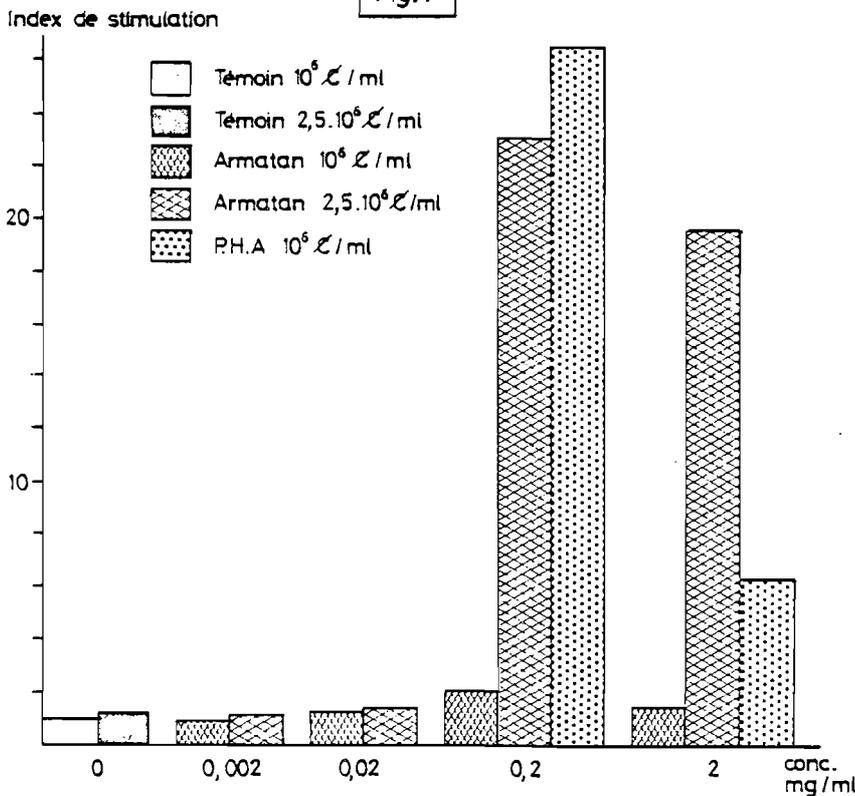
Les résultats sont exprimés en pourcentage moyen de cellules comptées par champ (10) suivi de l'erreur-type.

cellules Temps	POLYNUCLÉAIRES	MONOCYTES	CELLULES MONONUCLÉES INDÉTERMINÉES	MACROPHAGES MÉTACHROMATIQUES	FIBROBLASTES
12 heures	27,9 ± 2,2	36,4 ± 2,3	29,1 ± 2,2	5,7 ± 0,7	1,6 ± 0,3
24 heures	29,3 ± 5,1	19,7 ± 1,3	38,9 ± 5,2	10,8 ± 1,3	1,2 ± 0,2
48 heures	11 ± 1	20,3 ± 1,9	36,5 ± 0,9	29,3 ± 1,9	3 ± 0,3
72 heures	0	12,2 ± 3	18,2 ± 1,8	59,9 ± 4,4	9,7 ± 1,8
5 jours	0	12,4 ± 2,7	28,2 ± 0,4	47,4 ± 2,6	12 ± 0,4
17 jours	0	1,9 ± 0,8	6,5 ± 1,3	68,8 ± 1,7	22,8 ± 1,3

● **EFFET MITOGÈNE.**

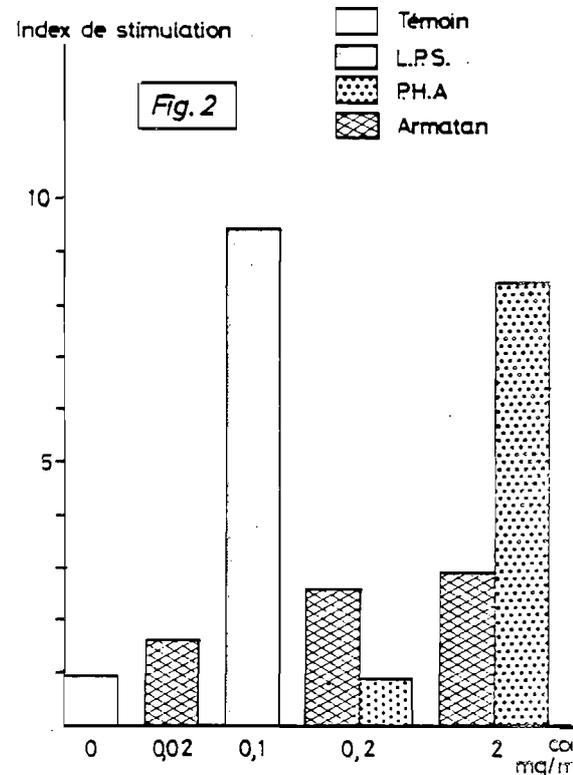
ACTION MITOGÈNE DE L'ARMATAN CHEZ LES LYMPHOCYTES SANGUINS HUMAINS.

Fig. 1



ACTION MITOGÈNE DE L'ARMATAN CHEZ LES LYMPHOCYTES SPLÉNIQUES DE SOURIS. $2,5 \cdot 10^6 \mathcal{L}/ml$

Fig. 2



● **EFFET HÉPARINE-LIKE**

ACTIVITÉ COMPARÉE DE L'ARMATAN ET DE L'HÉPARINE SUR LA COAGULABILITÉ GLOBALE CHEZ 6 MAMMIFÈRES

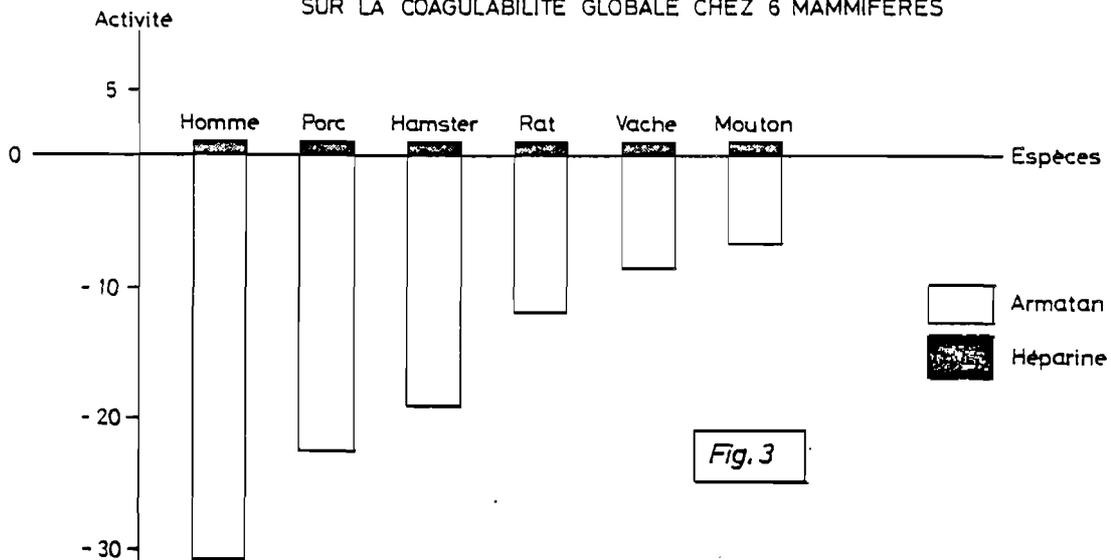


Fig. 3

II- RÉSULTATS ET DISCUSSION

- Caractères histochimiques et chimiques

Les algues rouges renferment des substances polysaccharidiques sulfatées (2). L'extraction d'une telle substance d'*Asparagopsis armata* Harv. a fait l'objet d'un travail antérieur (1). Ses caractéristiques histochimiques sont les suivantes : réaction à l'acide périodique-Schiff positive, métachromasie au bleu de Toluidine positive à pH 4,6 et pH 3,4, coloration au bleu Alcian positive à pH 2,5 et pH 0,5. Une analyse chimique (résultats non publiés) nous a permis de confirmer la nature polysaccharidique sulfatée de cette substance. Nous l'avons appelée : armatan.

- Propriétés biologiques *in vivo*

L'injection sous-cutanée d'armatan provoque une réaction inflammatoire (3) induisant une suite de modifications cellulaires (tableau n°1). En fin d'évolution, la zone inflammatoire prend un aspect fibro-cicatriciel. L'injection sous-cutanée de carraghénanes produit une réaction de même type (4), mais ces derniers sont toxiques vis-à-vis des macrophages (5). Il faut noter qu'avec l'armatan, ces cellules ne paraissent pas altérées mais plutôt stimulées, elles captent le produit et on retrouve le même phénomène dans le ganglion lymphatique drainant le territoire inflammatoire.

Ces différentes observations nous permettent d'entrevoir l'utilisation de ces phénomènes pour accélérer les processus de cicatrisation et activer les systèmes de défense de l'organisme.

- Propriétés biologiques *in vitro*

. Effet mitogène : L'apparition d'éléments lymphoblastiques dans le ganglion lymphatique drainant le territoire inflammatoire après injection sous-cutanée d'armatan, nous a conduit à étudier l'effet mitogène de cette substance, comparativement à d'autres agents stimulants connus.

Cette étude, effectuée sur des lymphocytes humains (figure 1) et de Souris (figure 2), montre que l'armatan possède un effet mitogène dépendant de sa concentration et du nombre de cellules mises en culture.

Les carraghénanes stimulent également la multiplication lymphocytaire et en particulier celle des lymphocytes B chez la Souris (6). Nos résultats ne permettent pas, pour l'instant, de préciser la nature des cellules stimulées par l'armatan, cependant une différence d'action à ce niveau, par rapport aux carraghénanes ne serait pas surprenante puisque l'analyse chimique et électrophorétique (résultats non publiés) montrent qu'il s'agit de deux molécules différentes.

. Effet "héparine-like" : L'effet "héparine-like" de substances polysaccharidiques sulfatées étant bien connu (7), nous avons comparé l'action de l'armatan et de l'héparine sur la coagulation du plasma de différentes espèces animales par la mesure du temps de HUELL. Les résultats (figure 3) montrent que l'armatan est moins actif que l'héparine, mais cette différence est variable selon les espèces. L'étude de la coagulation globale doit être complétée par une exploration *in vitro* des autres temps de coagulation et par la recherche des effets à court terme et à long terme de cette substance sur l'organisme vivant.

III- RESUME ET CONCLUSION

Les propriétés biologiques d'un polysaccharide sulfaté, l'armatan, isolé d'une algue rouge, *Asparagopsis armata* Harv., sont décrites. L'injection sous-cutanée de cette substance provoque une réaction inflammatoire où les macrophages et les fibroblastes sont activés. *In vitro* cette substance se révèle mitogène vis-à-vis de lymphocytes humains et de Souris, et présente des effets "héparine-like". Ces différentes propriétés ont été décrites pour des substances analogues avec des modalités d'action semble-t-il différentes.

B I B L I O G R A P H I E

- 1- CATAYEE G., CHALET M., TESTE J. et CODOMIER L. - Caractérisation histochemique d'une substance polysaccharidique observée dans des macrophages du Rat traité par un extrait d'*Asparagopsis armata* (Rhodophycée Bonnemaisoniale). C.R. Soc. Biol. 1979, 173 n°6, 1099-1104.
- 2- Mc CANDLESS E.L. and CRAIGIE J.S. - Sulfated polysaccharides in red and brown algae. Ann. rev. Plant. Physiol. 1979, 30, 41-52.
- 3- CATAYEE G., CHALET M., CODOMIER L. et TESTE J. - Effets d'un polysaccharide extrait d'une algue rouge (Bonnemaisoniale) sur les phagocytes mononucléés de quelques rongeurs. Bull. Ass. Anat. 1980, 64 n°185, 217-223.
- 4- MONIS B., HEINGERG T. and SPECTOR G.J. - The carrageenan granuloma in the Rat. A model for the study of the structure and function of macrophages. Brit. J. Exp. Path. 1968, 49 n°3, 302-310.
- 5- ISHIZAKA S., OTANI S. and MOPISAWA S. - Effects of carrageenan on immune responses. I. Studies on the macrophage dependency of various antigens after treatment with carrageenan. J. Immunol. 1977, 118 n°4, 1213-1218.
- 6- QUAN P.C., KOLB J.P.B. and LESPINATS G. - "B-cell" mitogenicity of carrageenan in mouse. Cell. Immunol. 1979, 37, 1-13.
- 7- PUGGIERI G.D. - Drugs from the sea. Science 1976, 194 n°4264, 491-497.

PRODUCTION DE MACROPHYTES ET ÉPURATION. INCIDENCE DE LA RÉCOLTE
- EN MILIEU LAGUNAIRE EUTROPHISÉ AVEC *ULVA LACTUCA*
- SUR EAUX RÉSIDUAIRES AVEC *EICHHORNIA CRASSIPES*

Marie-Luce CHASSANY DE CASABIANCA

Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 34060 MONTPELLIER CEDEX

Ces travaux sont réalisés dans l'optique d'une production de biomasse utilisable à des fins énergétiques ou autres, parallèlement à une action d'épuration ; ils sont intégrés à la région :

- en envisageant de récolter la biomasse algale dans des étangs lagunaires eutrophisés, où la production de biomasse est souvent suivie de sa décomposition avec crises dystrophiques ou "eaux rouges",
- en envisageant la production de cultures sur eaux résiduaires qui se trouvent du même coup épurées (1).

I - EXPERIMENTATION EN MILIEU NATUREL LAGUNAIRE : ETANG DU PREVOST PALAVAS, HERAULT
ESSAIS DE RÉCOLTE SUR *ULVA LACTUCA*

Ces travaux font suite aux résultats obtenus sur les macrophytes en milieu naturel, dans les étangs corses (2) et (3).

1.1 La mise en place expérimentale est réalisée par des enclos de 100 m² et des cages d'un m², in situ.

1.2 Les résultats concernent

- . Le cycle de production de l'algue, ainsi que l'évolution dans l'espace et le temps de la croissance et de la décomposition des masses d'algues.
- . L'évolution saisonnière de la composition des algues en C, N, P.
- . L'évolution saisonnière du matériel particulaire des eaux parallèlement aux données climatiques et hydrologiques classiques et à celles des sels nutritifs.
- . La mise en place d'un modèle simple relatif au système à macrophytes en milieu lagunaire permettant d'aborder le problème de la récolte (4).

1.3 Les conclusions

- 1) Elles traitent du moment de l'importance et des rythmes de récolte, par rapport aux phases de croissance, de décomposition et par rapport à l'eutrophisation du milieu ; sa localisation dans l'espace est envisagée.

Il en résulte :

- a) que la récolte doit s'effectuer avant la phase de décomposition de la végétation,
- b) que la biomasse de surface, plus vieille et qui tend à se décomposer en premier lieu, doit être enlevée, dans des proportions et une fréquence à définir, avant le début de sa décomposition.

Fig.1 : Expérimentation à *Eichhornia crassipes*, intégrée à la station d'épuration de Saint Gély du Fesc (station d'épuration à boues activées moyenne charge, avec épuration insuffisante des eaux).

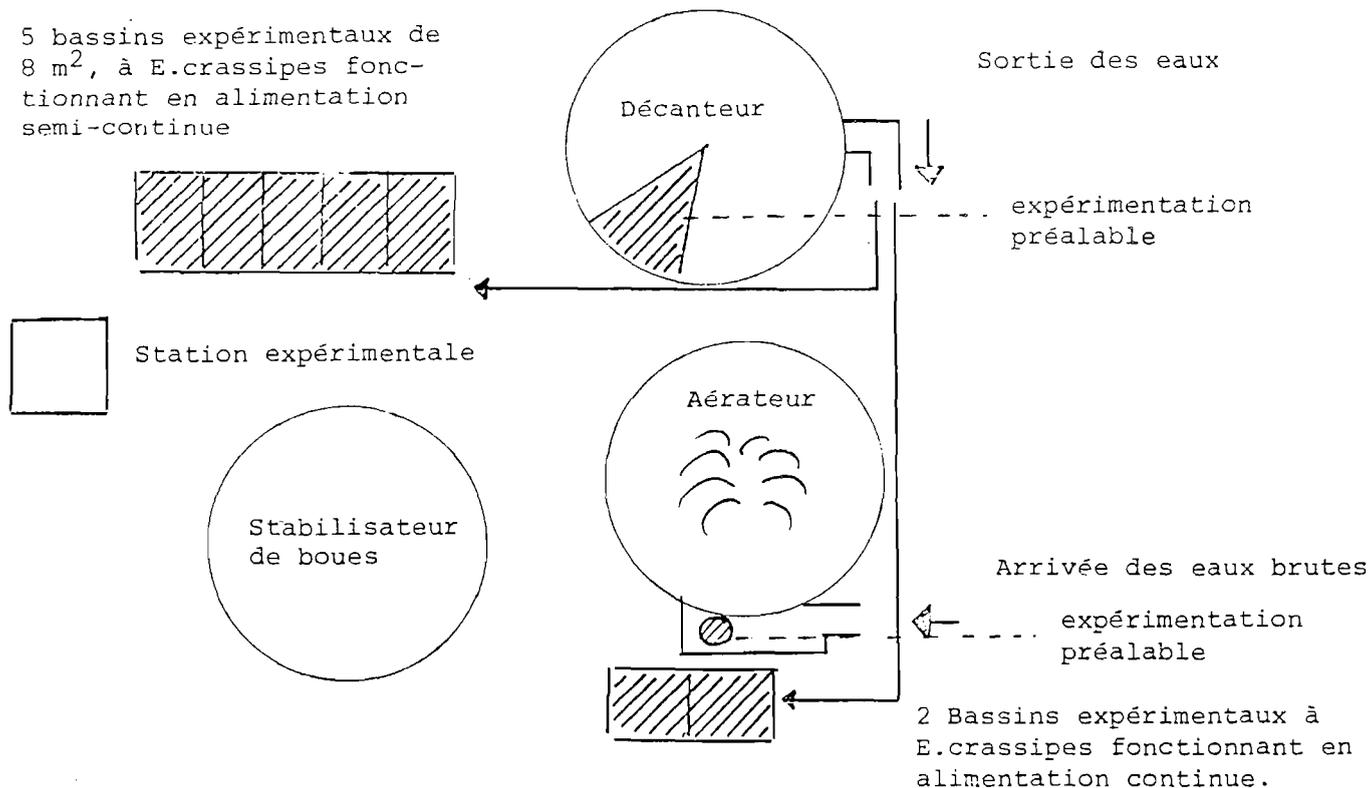


TABLEAU I : Productions comparées des diverses espèces

	Tonnes/ha/an	PS/m ² /j	B1-Bo X 100 BO nb. jours
Eucalyptus sp. Canne à sucre Riz	53 t/ha/an (GREELEY, 1976)	18,4 8,0 (ODUM, 59)	
<i>Eichhornia crassipes</i>	51,1-83,6 (de PARCEVAUX et JOURNET juin 79 (Versailles, France. Extrapol. 154 (WOLVERTON, 79, Mississippi).	20 - 22,9 7,6-10 Octobre 82 CHASSANY DE CASA. Montpellier, France	4,7,6 3-20
Algues rouges Macrophytes Hypnea, Gracilaria	41,8-55 (RYTHER et al., 75,76,78) LAPOINTE et al., 76 127 (LAPOINTE et RYTHER, 78) (eau de mer)	12-17 34,8	
Algues brunes macrophytes Macrocystis Laminaria	26,1 (NORTH, 71-79) 26-31 (BAARDSETH 54, GRENAGER, 53).		
Algues vertes macrophytes Enteromorpha intestinalis	15,75 (extrapol sur 3 mois) 31,6 (extrapol sur 6 mois) CHASSANY DE CASABIANCA, (Languedoc, France)	17,5	7,8 - 8,86
Choetomorpha linum	2-9 (extrapol sur 6 mois) DE CASABIANCA (Corse) (eaux saumâtres)	1,5	1 - 7
Algues microphytes	35-70 (OSWALD, 76-78) (eau douce).		

- 2) L'influence des facteurs climatiques intervient au niveau des interfaces air/eau et eau/sédiments. Elle est prédominante et le problème de la récolte doit être intégré à la gestion de l'étang dans son ensemble.

II - EXPERIMENTATION EN MILIEU SEMI-ARTIFICIEL CONTROLE. PRODUCTION DE BIOMASSE ET EPURATION AVEC EICHHORNIA CRASSIPES ET LA STATION D'EPURATION DE St GELY DU FESC, HERAULT (figure 1).

Ces travaux font suite aux résultats obtenus sur Enteromorpha intestinalis et Lemna minor sur eaux résiduaires (5) (6).

2.1 Matériel et méthodes (figure 1 : schéma de l'expérimentation)

Après expérimentation préalable sur l'arrivée des eaux brutes (entrée) et sur le décanteur primaire, l'étude actuelle consiste à optimiser, sur eau de sortie, dans 7 bassins intégrés à la Station, la production et l'épuration en jouant sur :

- les conditions de cultures (alimentation discontinue, continue, durée de séjour, surface de recouvrement, biomasse/m²...).
- la quantité de protéines exportées par la récolte.

On définit ainsi la quantité de biomasse obtenue par les divers stades végétatifs/m² et la quantité d'eau maximale épurée/m² de jacinthes au cours des différentes saisons de l'année en Languedoc.

2.2 Résultats et conclusion

Les premiers résultats (sur une période d'expérimentation de 6 mois) font apparaître :

- 1) Du point de vue de l'adaptation d'E. crassipes sur eaux résiduaires :

- une adaptation remarquable sur eaux de sortie (en continu et en discontinu) préjugant de l'utilisation d'E. crassipes en complément d'épuration sur ces stations à boues activées (les caractéristiques des eaux étaient : PO₄ : 2-15 ppm de P₂O₅ ; NH₄ = 4-20 d'N ; pour NO₃ : 0,01-0,1 ppm d'N),
- une mauvaise adaptation sur eaux brutes (plus chargées) se révélant en continu, en moins d'un mois d'expérimentation, et tendant à s'aggraver par la suite.

- 2) Du point de vue de la production d'E. crassipes sur eaux résiduaires

- Les résultats mettent en évidence, mise à part les variations saisonnières auxquelles on pouvait s'attendre, des variations de productions considérables selon les modalités de culture : ainsi, par exemple, en octobre 82, à 20°C, en bassins de 20 m², la production a varié de 7,6 à 30,8 g/PS/m²/jour selon les bassins, différents par les modalités de récolte, intervenant sur la structure des populations.

Le tableau I permet de comparer ces premiers résultats à ceux obtenus sur E. crassipes en France (7) et à l'étranger (8) à ceux d'autres macrophytes (9-13).

- 3) Du point de vue de l'épuration, d'importantes variations se manifestent en fonction :

- de la présence ou non du phytoplancton, variant en raison inverse du degré de recouvrement, et, induisant une erreur voisine de 50 % sur la plupart des éléments chimiques,
- de l'âge de la population de jacinthes,
- du degré de décantation du système qui fonction du temps de séjour.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du G.I.S. "Systèmes Energétiques et Utilisation de l'Espace" de Montpellier, avec l'aide de la D.G.R.S.T.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - CHASSANY-DE CASABIANCA, M.L., 1980 : A quaculture et énergie : données et problèmes écologiques concernant l'exploitation et l'aquaculture des algues macrophytes en milieux saumâtres. (Congrès CENECA 26-29 février 1980). La technique de l'eau, n° 398, 2/80 (pp. 27-31).
- 2 - DE CASABIANCA, M.L., 1974 : Dynamique et production d'une population de crustacé en milieu saumâtre. (Relation production primaire macrophyte et secondaire). Thèse d'Etat CNRS AO 9019, 300 p.
- 3 - CHASSANY-DE CASABIANCA, M.L., 1977 : Méthode de calcul de la production primaire macrophytique en milieu lagunaire. C.I.E.S.M. 25/26 (3) : 173-174
- 4 - CHASSANY-DE CASABIANCA, M.L., 1983 : Situation de la production primaire et relations trophiques, dans un écosystème de type lagunaire : comptes-rendus C.I.E.S.M. Etangs salés et lagunes, p : 359-363
- 5 - CHASSANY-DE CASABIANCA, M.L. and SAUZE, F., 1980 : First experiments of production of macrophytes with methanization of biomass in "Energy from biomass". Ist E.C. conférence edited by W. PALZ ; P. CHARTIER and D.O. HALL. Applied Sciences Publishers, pp. 665-672.
- 6 - CHASSANY-DE CASABIANCA, M.L., 1982 : Système de production à macrophytes saumâtres sur eaux résiduaires urbaines, 1982 : la technique de l'eau 422 : 17-26
- 7 - JOURNET, E.P. et S. DE PARCEVAUX, 1979 : Cultures en serre de jacinthes d'eau *Eichhornia crassipes* (Mont.) Solms, 1978-79. Mémoire Univ. Paris XI. 10 p. 12 annexes
- 8 - WOLVERTON, B.C. et al., 1978 : Upgrading facultative waste stabilization ponds with vascular aquatic plants in : compiled data on the vascular aquatic plant program 1975-1977. Nasa/ERL, Washington. D.C.
- 9 - WESTLAKE, D.F. 1963 : comparaisons of plant productivity. Biol. Rev. 38 : 385-425
- 10 - RYTHYER, J.H. ; GOLDMAN, J.C. ; GIFFORD, C.E. ; HUGENIN, J.E. ; WING, A.S. ; CLARNER, J.P. ; WILLIAMS, L.D. ; LAPOINTE, B.E., 1975 : Physical models of integrated waste recycling marine polyculture systems. Aquaculture, 5 : 163-177.
- 11 - LAPOINTE, B.E. et RYTHYER, J.H., 1978 : Some aspects of the growth and yield of *Gracilaria tikvahiae* in culture. Aquaculture, 15 : 185-193.
- 12 - NORTH, W. J., 1971 : The Biology of Giant Kelp Beds (*Macrocystis*) in California. *Nova Hedwigia*, sup. 32, 600 p.
- 13 - BAARDSET H. 1955 : A statistical study of the structure of *Ascophyllum* zone. Rapp. Norsk. Inst. Tang og Tareborsk. (11), p. 34.

LE CHAMP D'ALGUES BRETON ET SON POTENTIEL ÉCONOMIQUE :
RÉPARTITION, ESPÈCES, BIOMASSES ET PRODUCTION

Claude CHASSÉ & Loïc KERAMBRUN

*Institut d'Etudes Marines, Institut de Géoarchitecture, Université de Bretagne
Occidentale, 6, avenue Le Gorgeu 29283 BREST*

De nombreux travaux ont été publiés sur les algues présentant un intérêt économique, et en particulier les laminaires, en France et à l'étranger (1,6, 7,9,10,11,12). Le champ des grandes algues de Bretagne a été évalué par commune et par niveau (3,4) et leur production étudiée en fonction de l'environnement (2,5).

Si l'ensemble du champ d'algues des quatre départements bretons dépasse 2 000 km², la partie la plus fertile qui s'étend depuis les hautes mers de mortes eaux jusqu'à - 12 m en dessous des basses mers a une superficie d'environ 1 000 km². C'est l'équivalent d'une bande large de 1 km déroulée tout autour d'un littoral breton qui s'étend sur 1 000 km de long (fig. 1).

La biomasse algale totale est de l'ordre de 10 millions de tonnes en poids frais (10 kg/m²), soit 1,9 million de tonnes en poids sec. Avec un taux de production annuel de 82 %, ce sont 8,2 millions de tonnes en poids frais, soit près de 1,5 million de tonnes en poids sec (1,5 kg de matière sèche ou 0,5 kg de carbone par m²) qui sont produites chaque année (tableau 1).

En comparaison, la production phytoplanctonique côtière est en moyenne 2,5 fois plus faible (200 g de carbone en moyenne, 280 pour la rade de Brest, 100 à 100 km de la côte).

A la production de matière organique considérée s'ajoute, pour un tiers, la production dissoute (sucres et acides aminés). Les algues arrachées et broyées en fins détritiques à la côte par les vagues sont redistribuées vers les fonds sédimentaires alimentant, en Bretagne, une biomasse animale 2 à 3 fois plus importante que sur les mêmes types de fond meubles des côtes Landaises où les champs d'algues manquent ; la pêche est en proportion.

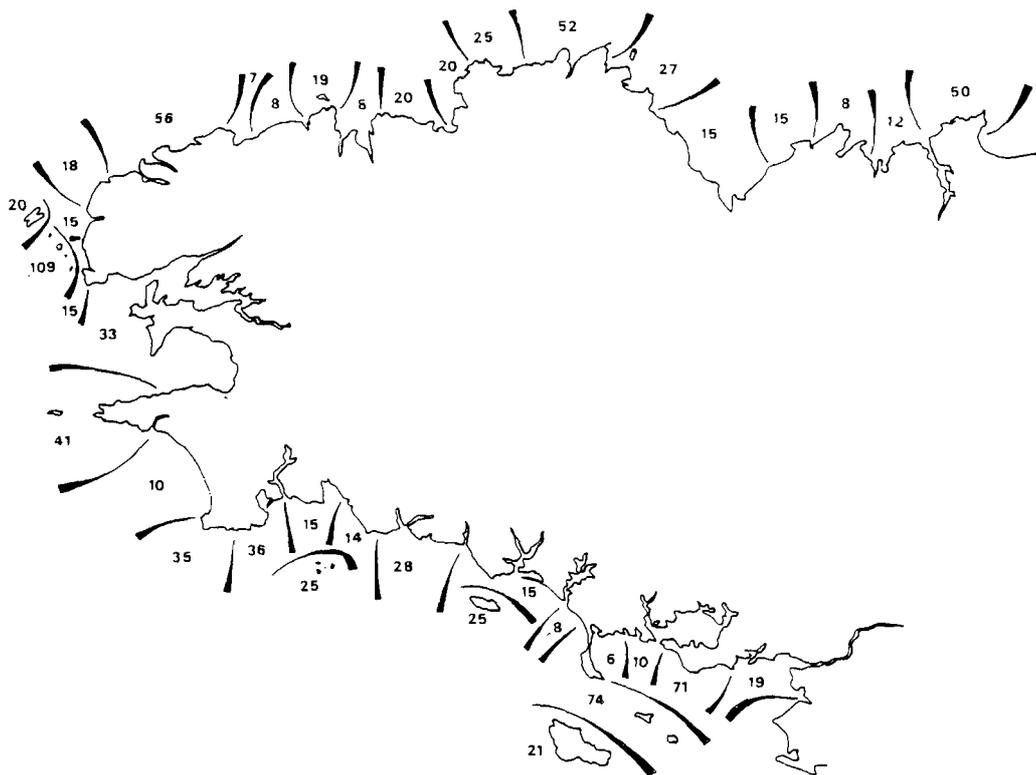


Figure 1 : Evaluation par secteurs des surfaces du champ d'algues de Bretagne en km² (4 départements)

ESPECES	B. biomasses d'été en kg/m ²		P/B d'été Taux de production annuelle	P. production annuelle en kg sec par m ²	S. surfaces des champs rocheux en km ²	P. productions annuelles en poids sec en milliers de tonnes en %					
	Poids frais x k = poids secs										
<i>Pelvetia canaliculata</i>	5 (2-8)	0.30	1.5	0.16	0.24	1.5	0.36	0.02			
<i>Fucus spiralis</i>	7.5 (4-14)	0.28	2.1	0.33	0.70	3	2.10	0.14			
<i>Ascophyllum nodosum</i>	21 (11-30)	0.32	6.7	0.14	0.96	11	10.53	0.71			
<i>Fucus vesiculosus</i>	9 (6-12)	0.23	1.9	0.56	1.06	5	5.30	0.36			
<i>Fucus serratus</i>	10 (6-24)	0.23	2.3	0.70	1.61	12	20	1.35			
<i>Bifurcaria rotunda</i>	(5)	0.17	(0.85)	0.90	(0.76)	4	3	0.20			
<i>Himanthalia elongata</i>	(5)		(0.60)	1.4	(0.84)	4	3	0.20			
<i>Alaria esculenta</i>	(12)		(2.40)	1.5	(3.60)	—	—	—			
<i>Laminaria digitata</i>	12 (6-28)		2.04	0.85	1.73	150	260	17.50			
<i>Saccorhiza polyschides</i>	12 (6-30)		1.20	1.5	1.80	150	270	18.20			
<i>Laminaria ochroleuca</i>	(16)		(2.46)	1.1	(2.70)	50	135	9.10			
<i>Laminaria saccharina</i>	(10)		(1.70)	1.5	(2.55)	40	102	6.87			
<i>Laminaria hyperborea</i>											
à - 5 m	10	0.20	2	0.7	1.4	} 1 990	673	45.35			
à - 10 m	5	0.20	1	0.6	0.6						
à - 20 m	1	0.20	0.2	0.5	0.1						
Moyennes par niveaux :											
zone intertidale	12.5	0.27	3.38	0.32	1.09	} 40.5	44.3	3			
de 0 m à - 5 m	12.3	0.14	1.72	1.17	1.97				390	767	52
de 6 m à 12 m	7.26	0.20	1.45	0.71	1.03				550	566.5	38
de 13 m à 20 m	2.25	0.20	0.45	0.54	0.24				360	86.4	6
de 21 m à 50 m	0.20	0.20	0.04	0.50	0.02				1 000	20	1
Sommes ou moyennes	10 306.25	0.18	1.81	0.82	1.48	env. 1 000	1 484.2	100			

Tableau 1 : Bilan général moyen du potentiel des champs de grandes algues

40 000 tonnes de *Laminaria digitata* sont cueillies par 150 marins, 75 bateaux mécanisés (dont 95 % se situent dans le quartier maritime de Brest). L'exploitation traditionnelle des algues d'échouage par les paysans (plus de 500 000 tonnes) est désormais devenue négligeable. Les échouages non récoltés pourrissent et puent, nuisant au tourisme. Les 2/3 de la production annuelle s'échouent, soit 5 millions de tonnes : les 3/4 sont économiquement ramassables. Compte tenu des équilibres écologiques à respecter et des activités traditionnelles à conserver voire promouvoir, le 1/3 du volume échoué peut être destiné à la méthanisation : ce qui produirait 40 000 T.E.P. (tonne équivalent pétrole) par an à un prix de revient d'environ 2 000 Frs la T.E.P. (FF 1982). Mais, le méthane ne représente que la 1/2 de la valeur des produits obtenus (engrais liquide, humus d'algues, ...) ce qui fait un prix de revient de 1 000 Frs la T.E.P. L'addition d'algues à 15 % améliore la méthanisation des lisiers et à 10-40 % facilite l'humification des compost forestiers. Après méthanisation, les sels nutritifs et les oligo-éléments équilibrés se retrouvent dans les boues résiduelles quatre fois plus concentrés que dans l'algue qui a déjà elle-même la valeur agronomique d'un bon fumier (égalité pour l'azote et le potassium et désormais pour le phosphore). L'épandage de ces boues permet la fertilisation des sols et surtout améliore leur texture (alginates surfactants).

La pulvérisation foliaire de broyats d'algues stimule la croissance végétale : 3 à 10 kg/ha augmentent le rendement en valeur et qualité. Pour ce fait, moins de 200 t/an sont actuellement traitées assurant 50 emplois. La généralisation de l'extraction préalable par macération aqueuse de ces substances stimulantes, aux 40 000 t traitées pour la seule production d'alginate permettrait de créer 4 000 emplois (compte tenu des économies d'échelle on peut raisonnablement admettre 1 000 emplois) pour augmenter de 10 % la productivité des 3 millions d'hectares de la surface agricole utile bretonne. La récupération de protéines alimentaires est envisageable en fin de traitement (1 000 tonnes de protéines, poids sec).

La réactivation de l'utilisation des algues dans l'alimentation animale, bovine, ovine et aviaire, à raison de 5 % de la ration, absorberait environ 100 000 tonnes en Bretagne ; elle augmente de 10 % la valeur du lait, améliore la santé du bétail et la solidité des oeufs.

En alimentation humaine, au taux de consommation japonais, les besoins de la population française nécessiteraient plus de 300 000 t/an.

L'alginate gélifiant est présent dans les stipes de *Laminaria hyperborea*. Les industriels évaluent les besoins de ses stipes à 10 000 tonnes à 5 ans. Inaccessible à la flotille, ils ne sont récoltables en échouage

que par une main d'oeuvre temporaire rapide : le programme "Hyperborea" des Centres d'Aide par le Travail du Finistère correspond à la création de 130 équivalents-emplois.

Potentiel énorme et sous-exploité, les algues sont porteuses de richesses et d'emplois dans le cadre d'éco-intégration micro régionale "mer-agriculture-énergie-industrie-thalassothérapie-tourisme".

BIBLIOGRAPHIE

- 1 BRAUD, J.P. - Etude de quelques paramètres écologiques, biologiques et biochimiques chez une phéophycée des côtes bretonnes *Laminaria ochroleuca*. 1974 Thèse Doct. 3e cycle, Université Aix Marseille II : 187 p.
2. CHASSE, C., LE GENDRE, A.F. - Croissance et production des champs de grandes algues (*Laminariales*). 1975 Contrat CNEXC 76/5288 : 56 p.
3. CHASSE, C., KERAMBRUN, L., LE GAL, Y., TREGUER, P. - Biomasses algales de Bretagne. Potentiel énergétique. 1982 Groupe d'études des énergies nouvelles. Contrat avec l'établissement public régional de Bretagne : 113 p.
4. CHASSE, C., KERAMBRUN, L. - Les grandes algues de Bretagne : un potentiel énorme, un potentiel sous-développé. 1982 Penn Ar Bed. Vol. 13, n° 108 . 109 : 43-52 p.
- 5 CHASSE, C., KERAMBRUN, L. - Programme "Ecorade" : rade de Brest, baie de Douarnenez, Iroise. Rapports d'exécution. 1980-1982. Inst. Et. Mar., Université de Bretagne Occidentale.
- 6-7 KAIN, J.M. - Aspects of biology of *Laminaria hyperborea* :
I - Vertical distribution. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 1962 : 42-377-385.
II - Age, weight and length. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 1963 : 43-129-151.
- 8 KAIN, J.M. - Synopsis of biological data on *Laminaria hyperborea*.
F.A.O. Fisheries Synopsis n° 87.
- 9-10 MANN, K.H. - Ecological energetics of the seaweeds zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada :
I - Zonation and biomass of seaweeds. *Mar. Biol.* 1971, 12 : 1-10.
II - Productivity of the seaweeds. *Mar. Biol.* 1972, 14 : 199-239.
- 11 NORTON, T.A. - Synopsis of biological data on *Saccorhiza polysphides*.
F.A.O. Fisheries n° 83. 1970.
- 12 PEREZ, R. - Etude biométrique d'une population de *Laminaria digitata* Lamouroux de l'étage infralittoral profond. Résultats relatifs aux dimensions des thalles.
Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 1969, 33 (1) : 117-135 p.

BIOCONVERSION DE L'ÉNERGIE PAR *SPIRULINA MAXIMA* EN CULTURE CONTINUE

D. CHAUMONT*, R. DELÉPINE**, C. GUDIN* & A. ASENSI**

* *Laboratoire de Biotechnologie Solaire, A.R.B.S., C.E.N. Cadarache
13115 SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE*

** *Biogéographie et Ecologie Benthiques, Université P. et M. CURIE
B.V.M. - 7, quai Saint Bernard 75230 PARIS CEDEX*

Culture continue de microalgues

L'application des techniques de culture continue permet de jouer sur la longueur du cycle de croissance des microalgues (8 à 18 heures selon les espèces) par rapport au cycle circadien et de se trouver le plus près possible du taux de croissance maximum en maîtrisant le taux de dilution de la culture. L'utilisation d'un cultivateur ayant un bon rapport surface/volume permet d'utiliser un maximum de lumière et d'obtenir des concentrations cellulaires élevées.

C'est la combinaison de ces 2 principes qui conduit à l'optimisation de la production de biomasse cellulaire par unité de temps en utilisant la lumière comme facteur limitant.

Sur une culture continue de *Spirulina maxima* ont été expérimentées l'influence

- du taux de dilution de la culture
- de l'intensité lumineuse
- de la photopériode

Pour chacun des paliers stables de culture obtenus, la composition élémentaire et le pouvoir calorifique (C/H/N) de la biomasse, la productivité, le rendement de conversion photosynthétique et l'exigence quantique (nombre de photons pour fixer une molécule de CO₂) ont été déterminés.

Influence du temps de séjour

Des taux de dilution horaire de 0,036 ; 0,042 ; 0,048 ; 0,053 ; 0,063 et 0,083 correspondant respectivement à des temps de séjour de la culture dans le cultivateur de 28, 24, 21, 19, 16 et 12 heures ont été essayés sous différentes intensités lumineuses (26,6 ; 22,2 ; 17,7 et 8,9 W/m²)

Le temps de séjour critique (correspondant au taux de croissance minimum) a été déterminé pour chacune de ces conditions expérimentales : il est ainsi de 8,9 heures pour une intensité lumineuse de 27 W/m² (photopériode de 12 h

Influence de la photopériode

La concentration cellulaire en palier stable de culture varie linéairement avec la durée de la phase lumineuse. Pour un temps de séjour de 24 heures et une intensité lumineuse de 27 w/m^2 , la photopériode critique est de 6,5 heures. Les pertes par respiration nocturne ont été estimées. Elles peuvent représenter pour une photopériode de 12 heures, 1/3 de la biomasse produite.

La quantité de biomasse produite en culture continue ne dépend que de la quantité d'énergie reçue et non de son mode d'application dans nos limites expérimentales.

Rendement de conversion et exigence quantique

La concentration en carbone (50,2 %) et le pouvoir calorifique (6,1 kcal/g de matière sèche) de la biomasse sont constants quelque soient les conditions expérimentales.

Une exigence quantique minimale de 23 photons par molécule de CO_2 intégrée et un rendement de conversion photosynthétique de 13 % sur énergie visible (soit une valeur très proche du maximum théorique) ont pu être obtenus. Ces données sont en accord avec celles trouvées par GUERIN-DUMARTRAIT et MOYSE (1975).

Sélection d'une souche se développant sur eau de mer

Spirulina maxima a été cultivé en continu sur un milieu de culture contenant des doses croissantes de chlorure de sodium : 0 ; 11,5 g/l ; 17,5 g/l ; 28 g/l et 35 g/l (teneur de l'eau de mer).

Une souche capable de se développer sur un milieu de culture à base d'eau de mer a été sélectionnée. Néanmoins, le temps de génération de cette souche (12,1 heures) est inférieur à celui de la souche d'origine (8,9 heures).

Conclusion

L'application des techniques de la culture continue a permis de préciser certains paramètres écophysologiques de *Spirulina maxima*, de sélectionner une souche capable de croître sur un milieu de culture à base d'eau de mer et de confirmer que les microalgues constituent d'excellents convertisseurs d'énergie lumineuse.

Bibliographie

Guérin-Dumartrait E. et A. Moysé. 1975. Ann. Nutr. Al. 29 (6), 489-496

BIOCHIMIE ET PHYSIOLOGIE DE LA PRODUCTION D'AGAR CHEZ *GRACILARIA VERRUCOSA*

Daniel CHRISTIAEN* & Henri MORVAN**

* Université de Lille I, Laboratoire d'Algologie et de Biologie végétale marine
U.E.R. de Biologie - SN2 59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

** Université de Lille I, Laboratoire de Physiologie végétale, U.E.R. de Biologie - SN2
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

INTRODUCTION

La biomasse et le contenu en agar de différentes espèces de *Gracilaria* évoluent tout au long de l'année (3, 5, 8, 13, 6, 10, 7, 4, 14). Bien que le sens des variations qualitatives et quantitatives de l'agar et la relation aux saisons soient très controversés, les auteurs s'accordent généralement pour admettre qu'il se produit une alternance entre la croissance et la production d'agar (3, 5, 9, 2).

La diversité de ces résultats a conduit à reprendre l'analyse des variations saisonnières de l'agar chez *G. verrucosa* et à vérifier l'existence d'une relation entre la croissance et la production de colloïde, ce qui permet par ailleurs d'apporter des précisions concernant la physiologie de l'algue.

MATERIEL ET METHODES

Cette étude a été menée sur une période de plus d'un an. Elle porte sur une cinquantaine de pieds de *G. verrucosa*, récoltés tous les trois mois au Cap Gris-Nez, dans le Nord de la France. Chaque mesure est effectuée sur un thalle entier. L'algue, époncée de son eau, est pesée (poids de matière fraîche) et une part est prélevée pour déterminer le poids de matière sèche. Le reste de l'échantillon est plongé pendant 6 h dans l'eau bouillante et l'agar obtenu est séché. La quantité pondérale de colloïde sec, rapportée au poids de matière sèche de l'algue, sert à calculer le rendement en agar de chaque extraction, exprimé en pour cent.

La teneur en glucides des colloïdes extraits a été estimée par une méthode colorimétrique à l'orcinol sulfurique (12, 11). Le dosage du 3,6 anhydrogalactose a été réalisé par la méthode au résorcinol (15).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les rendements en agar présentent un maximum de 27 % en novembre et un minimum de 18 % en mai. Dans le même temps, les poids de matière sèche des algues passent de 10 à 25 %, respectivement en septembre et février (fig. 1). L'évolution de ces deux paramètres semblent, en fait, suivre des cycles décalés dans le temps, traduisant une alternance entre la croissance, qui se manifeste par une entrée d'eau massive dans la vacuole au printemps, et la production d'agar jusqu'à la fin de l'automne.

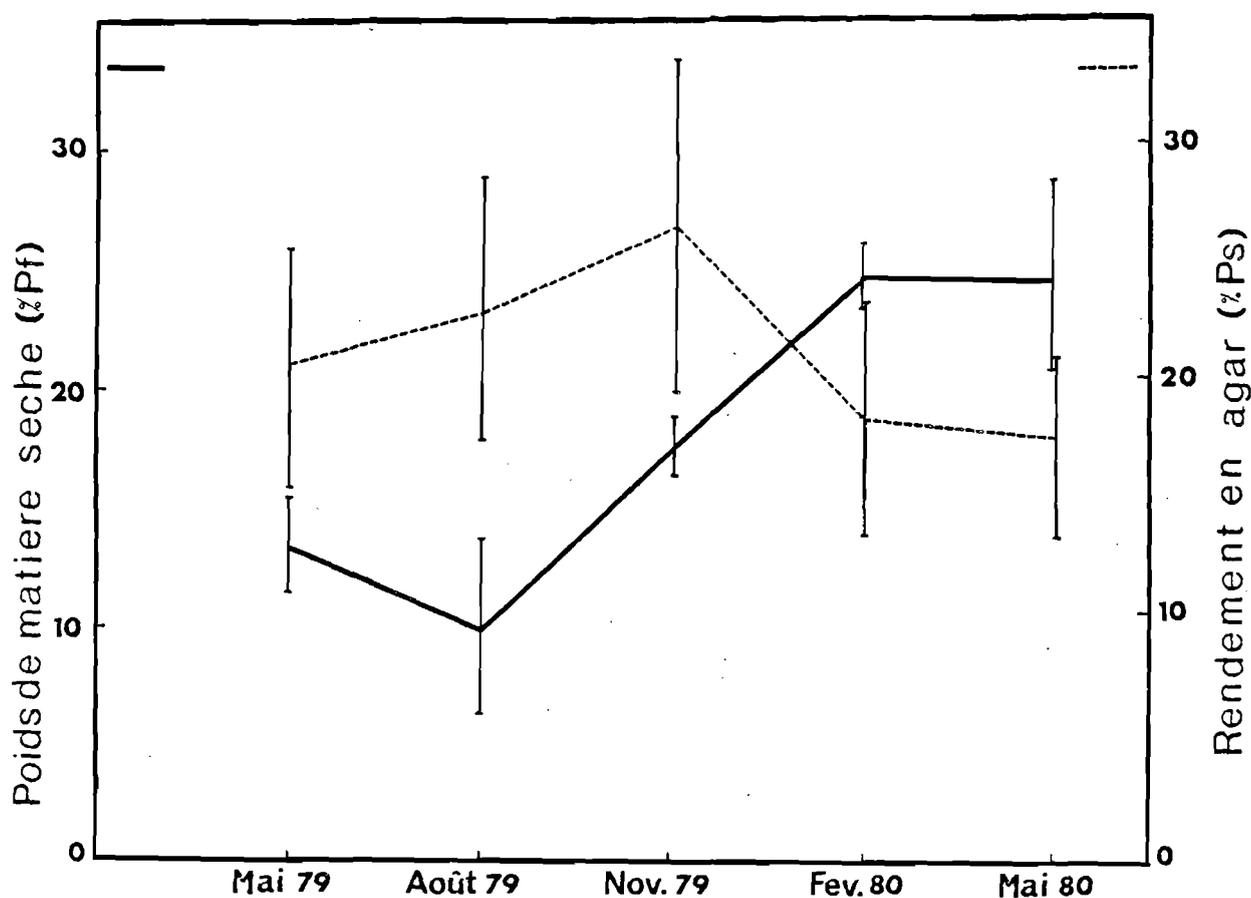


Fig. 1. Variations saisonnières des poids de matière sèche et des rendements en agar chez Gracilaria verrucosa.
(Seasonal variations of dry weight and agar yields in Gracilaria verrucosa).

(——) : poids de matière sèche (valeurs moyennes)

(-----) : rendements en agar (valeurs moyennes)

Les données biochimiques confirment ces résultats. En effet, si la teneur en sucres totaux du colloïde varie assez peu autour de 80 % sur l'année, celle en 3,6 anhydrogalactose passe de 33,9 à 46,8 % en moyenne saisonnière, de telle sorte que le rapport entre galactose et 3,6 anhydrogalactose s'inverse au cours du temps, marquant une variation qualitative du gel (fig. 2). Ces valeurs mettent donc en évidence un remaniement des composés pariétaux qui pourrait avoir une influence sur la physiologie de l'algue : favorisation des échanges hydriques et nutritionnels, participation à la résistance mécanique.

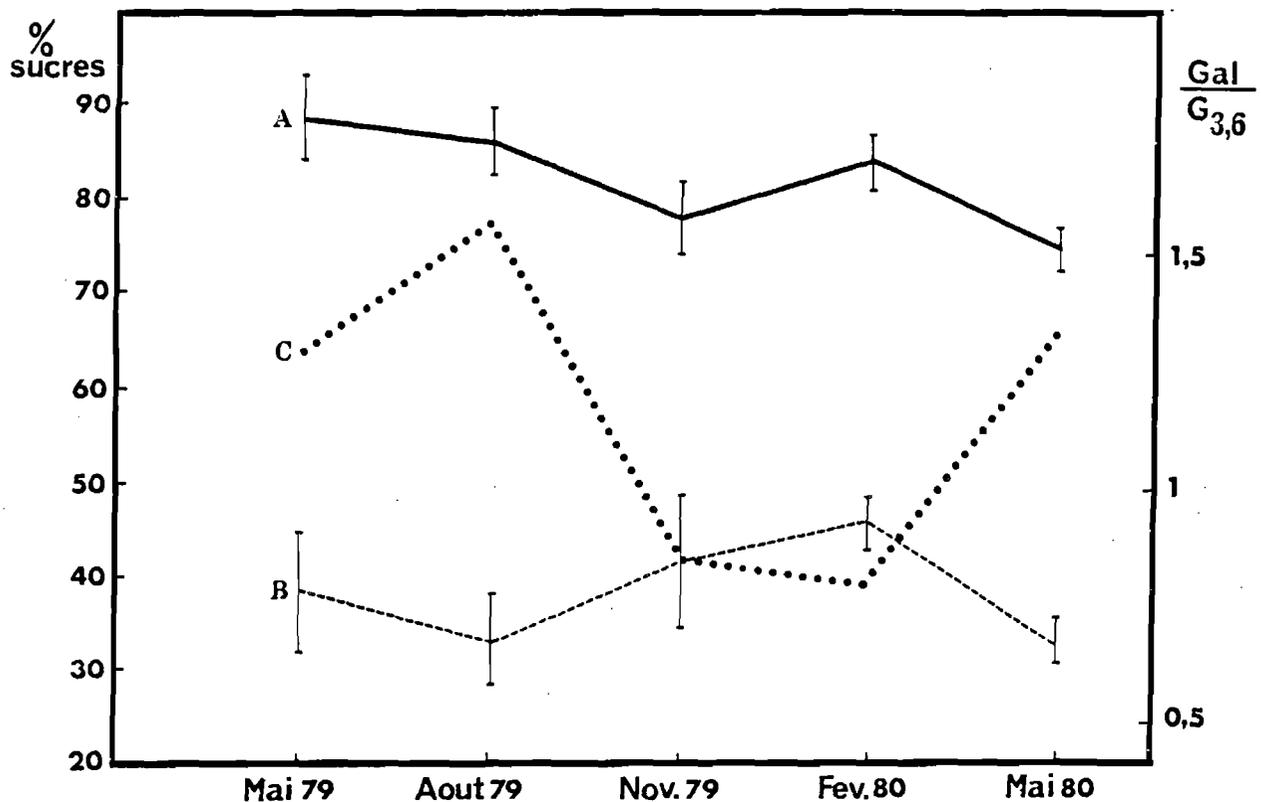


Fig. 2. Variations saisonnières de la composition biochimique de l'agar chez Gracilaria verrucosa.

(Seasonal variations in the biochemical composition of agar in Gracilaria verrucosa).

A : (—) : sucres neutres (valeurs moyennes)

B : (----) : 3,6-anhydrogalactose

(Ces valeurs sont exprimées en pourcentage par rapport à la quantité d'agar sec et selon les mois de récolte)

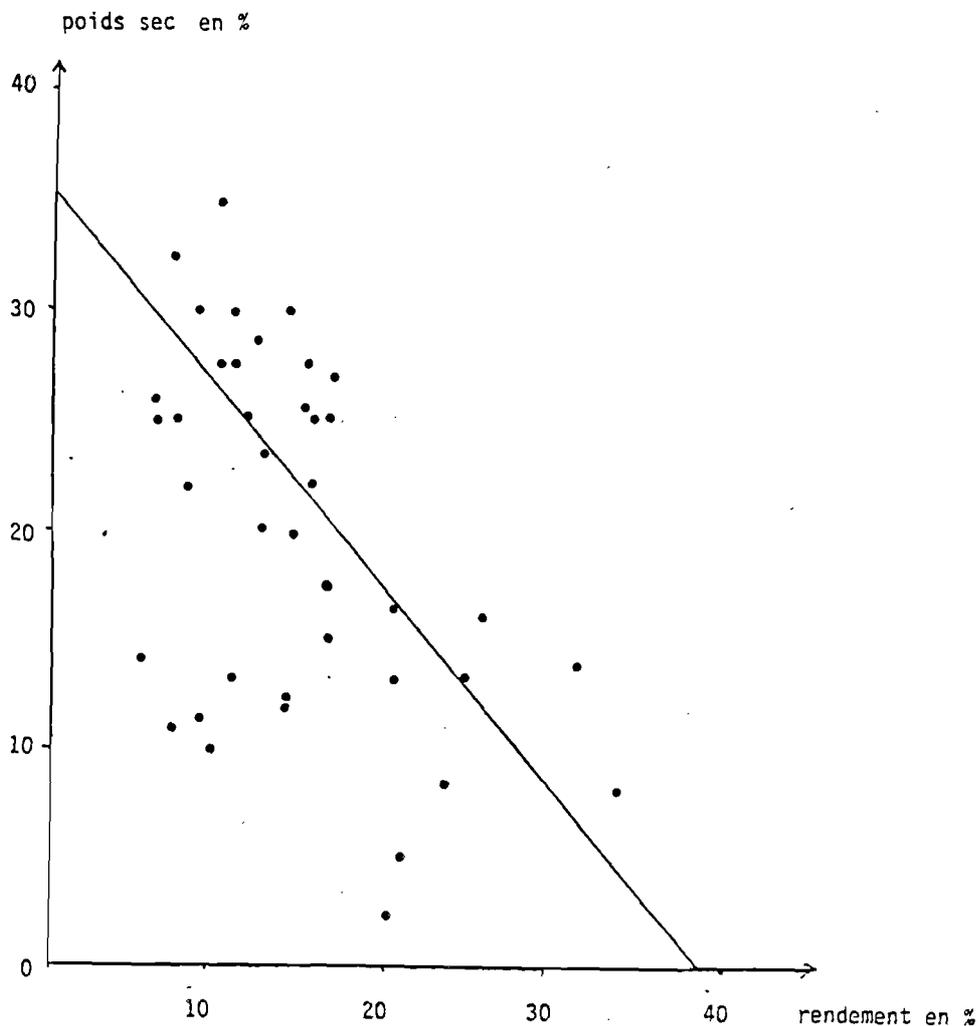
C : (.....) : rapport galactose / 3,6-anhydrogalactose

Indépendamment des saisons, il existe une variation inverse entre les poids de matière sèche de l'algue et les rendements en colloïde, représentée par une droite de régression linéaire d'équation :
 $Y = - 0,6 x + 35,3$ ($r = 0,45$ significatif au seuil de 1%, pour $n = 35$) (Fig. 3)

Il devient donc possible de sélectionner certains pieds par rapport à d'autres. Il suffit de situer, dans le repère où figure la courbe de référence (fig. 3), le point de coordonnées (poids de matière fraîche, rendement en agar) et de constater que s'il se positionne au-dessus de la droite, l'échantillon étudié présente un rapport favorable entre biomasse et quantité de colloïde et qu'il mérite d'être retenu. Le dosage du 3,6 anhydrogalactose sur thalle entier, dans une technique mise au point au laboratoire, permettra d'apprécier directement la teneur en agar de l'échantillon considéré (1).

FIGURE 3

DROITE DE REGRESSION $y = - 0,6 x + 35,3$ REPRESENTANT
 LA RELATION ENTRE POIDS SEC DE L'ALGUE ET RENDEMENT EN AGAR
 ($r = 0,45$ significatif au seuil de 1% pour $N = 35$)



CONCLUSION - RESUME

Le suivi des variations saisonnières de la production et la qualité de l'agar ont permis de montrer l'influence des conditions climatiques sur les rendements en agar. Celui-ci semble, en outre, en liaison étroite avec la physiologie de l'algue. Par ailleurs, l'étude met en évidence une variabilité intraspécifique de la production du colloïde en relation avec la croissance du végétal.

La maîtrise de ces paramètres peut permettre de définir des pratiques culturales susceptibles d'augmenter les rendements en agar (engrais, température, photopériode, etc...) et de mettre au point une sélection massale de souches à croissance et à rendements élevés. Néanmoins, des bases fondamentales sur la physiologie de l'algue sont encore nécessaires. Les techniques de micropropagation et de suspension cellulaire ouvrent des voies nouvelles d'investigations biochimiques et physiologiques de la production d'agar.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - CHRISTIAEN D., 1981. - Etude biochimique de l'agar-agar de *Gracilaria verrucosa* (Gracilariacées-Gigartinales). (Facteurs biologiques et physicochimiques influençant sa qualité et sa production industrielle). Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, Université de Lille I, 1-103.
- 2 - DAWES C.J., J.M. LAWRENCE, D.P. CHENEY et A.C. MATHIESON, 1974. - Ecological studies of Floridian *Eucheuma* (Rhodophyta, Gigartinales). III. Seasonal variation of carrageenan, total carbohydrate, protein and lipid. *Bull. mar. Sci.* 24 : 286-299.
- 3 - DELOACH W.S., O.C. WILTON, J. McCASKILL, H.J. HUMM et F.A. WOLF, 1946. - *Gracilaria confervoïdes* as a source of agar. *Duke Mar. Lab. Bull.* 3 : 25-30.
- 4 - FRIEDLANDER M., Y. LIPKIN et W. YAPHE, 1981. - Composition of agars *Gracilaria* cf. *verrucosa* and *Pterocladia capillacea*. *Bot. Mar.* 24 : 595-598.
- 5 - HUMM H.J., 1951. - The seaweed resources of North Carolina. In : Survey of marine fisheries of North Carolina (H.F. TAYLOR ed.), p. 231-250, the University of North Carolina Press, Chapel Hill.

- 6 - JOHN D.M. et S.O. ASARE, 1975. - A preliminary study of variations and properties of phycocolloids from Ghanaian seaweeds. *Mar. Biol.* 30 : 325-330.
- 7 - KIM C.S. et H.J. HUMM, 1965. - The red algae *Gracilaria foliifera*, with special reference to the cell wall polysaccharides. *Bull. Mar. Sci.* 15 : 1036-1050.
- 8 - KIM D.H. et N.P. HENRIQUEZ, 1979. - Yields and gel strengths of agar from cystocarpic and tetrasporic plants of *Gracilaria verrucosa*. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 9 : 257-262.
- 9 - NEISH A.C. et P.F. SCHAKLOCK, 1971. - Greenhouse experiments on the propagation of strain T4 of Irish Moss. *Tech. Rep. Nat. Res. Council. Can.* 14.
- 10 - PENNIMAN C.A., 1977. - Seasonal chemical and reproductive changes in *Gracilaria foliifera* (Forssk.) Borg. from Great Bay, New Hampshire (U.S.A.). *J. Phycol.* 13 (suppl.) : 53.
- 11 - RIMINGTON C., 1931. - The carbohydrate complex of the serum proteins. II. Improved method for isolation of glucosaminidimannose from protein of ox blood. *Biochem. J.* 25 : 1062-1071.
- 12 - TILLMANS J. et K. PHILIPPI, 1929. - The carbohydrate content of the important proteins of foodstuff on a colorimetric procedure for the determination of nitrogen free sugar in protein. *Biochem. Z.* 215 : 36-60.
- 13 - UMAMAHESWARA RAO M., 1969. - Agar and algin yielding seaweeds of India. *Proc. 6th Int. Seaweed Symp.*, 715-721.
- 14 - WHYTE J.N.C., J.R. ENGLAR, R.G. SAUNDERS et J.C. LINDSAY, 1981. - Seasonal variations in the biomass, quantity and quality of agar from the reproductive and vegetative stages of *Gracilaria (verrucosa type)*. *Bot. Mar.* 24 : 493-501.
- 15 - YAPHE W., 1960. - Colorimetric determination of 3,6 anhydrogalactose and galactose in marine algal polysaccharides. *Anal. Chem.* 32 : 1327.

CULTURES DE SPIRULINES EN MILIEU TROPICAL MARIN

Michel CLOSTERMANN

IFREMER, 66, avenue d'Iéna, B.P. 107.16, 75763 PARIS CEDEX 16

Dans le cadre de la coopération avec le territoire polynésien, le Centre océanologique du Pacifique a entrepris une étude sur la production industrielle de spirulines (*Spirulina platensis*) en milieu insulaire.

La planification de cette entreprise comporte quatre phases :

1. Etude à caractère fondamental en laboratoire, (adaptation à l'eau de mer + engrais du commerce).
2. Des cultures hors laboratoire dans l'environnement tropical marin, (volumes de 0,4 à 30 m³).
3. Une installation-pilote de production d'environ un hectare.
4. Transfert de la production au milieu lagunaire avec des structures souples.

Seules les deux premières phases ont été réalisées (1).

L'engrais du commerce "GRO-PLUS" utilisé à raison de 150 g/m³, a permis de résoudre les problèmes liés aux carences en azote et phosphate du milieu.

Les recherches ont été orientées sur la constatation suivante : il y a théoriquement assez de CO² dans l'eau de mer (85 mg/l) pour subvenir aux besoins d'une culture de spirulines. La préoccupation principale a donc été d'utiliser au mieux ce "capital" CO² existant(2).

Dans des volumes de 100 litres à 2 m³, les cultures produisent environ 10 g/j/m³ d'algues sèches, sans addition de carbonates. La principale difficulté rencontrée en milieu naturel dans les volumes de 2 à 30 m³, est due à la forte basicité résultant d'une croissance intense (photosynthèse + absorption des éléments nutritifs) ; celle-ci conduit les cultures à l'auto-destruction.

En rétablissant artificiellement et au moment crucial le pH, les cultures continuent leur croissance de manière satisfaisante.

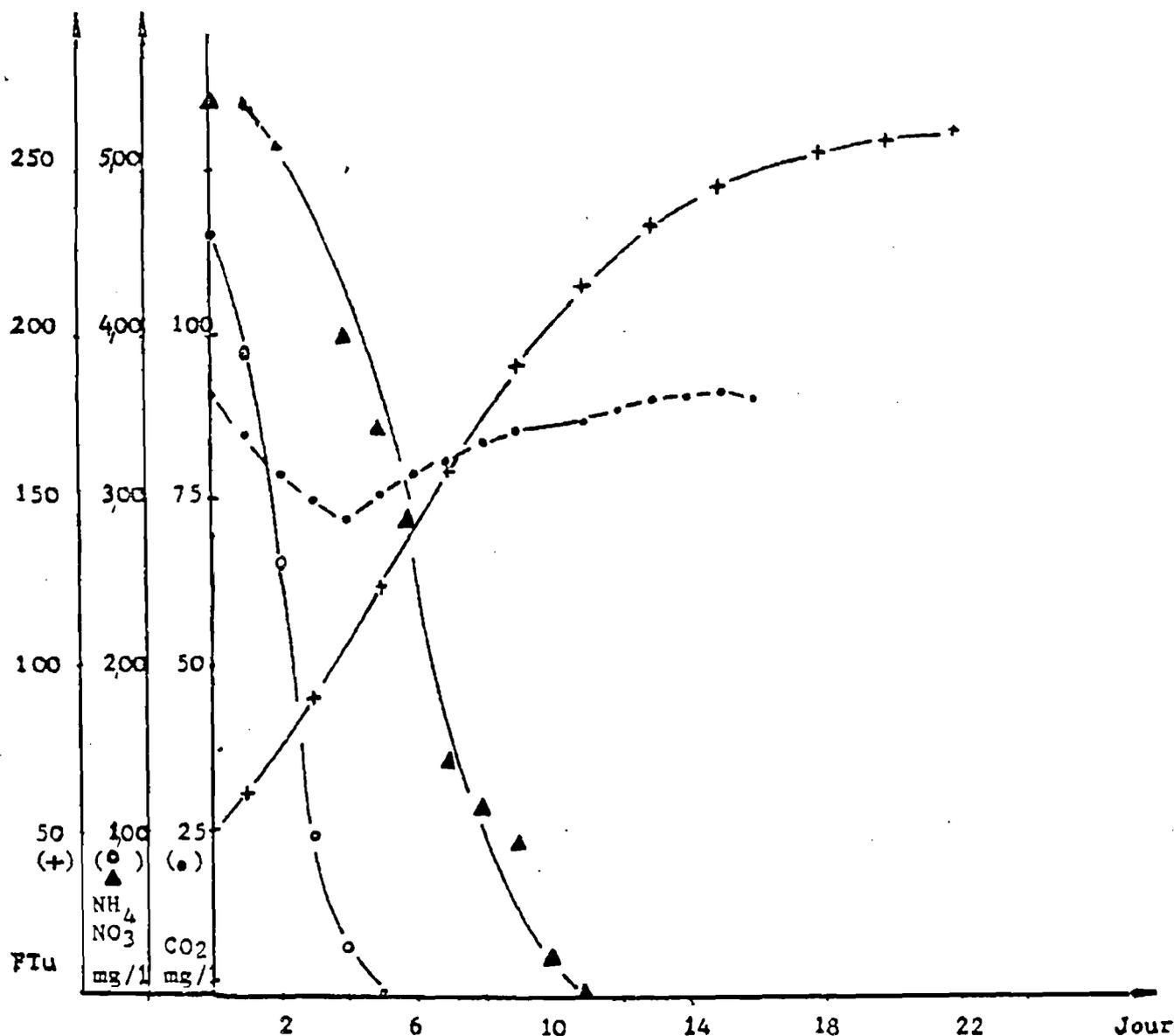
Les courbes présentées (fig. 1) correspondent aux moyennes des valeurs obtenues dans 10 bacs de 1 m³ placés hors laboratoire, en éclairage artificiel et sans renouvellement d'eau. Une agitation est assurée par un bullage d'air comprimé. La température varie entre 27 et 30°C.

Néanmoins pour les grands volumes la poursuite des expériences reste nécessaire vu le peu d'essais réalisés à ce jour. Il reste aussi à définir des protocoles de récupérations : soit en continu dans la période de croissance maximum, soit par récupération totale de la culture en début de phase stationnaire.

LE SUJET RESTE PROMETTEUR CAR

1. Il a été démontré que le CO² dans le milieu eau de mer n'est pas limitant pour le type de culture désiré.
2. La température ne semble pas être un paramètre limitant dans l'optique d'une production de spirulines sous d'autres latitudes, (près d'une centrale thermique par exemple).
3. L'obtention de bonnes croissances (15-30 T/ha/an d'algues sèches) dans les essais en grand volume prouve, bien que le processus ne soit pas encore maîtrisé, qu'il sera possible d'obtenir des cultures satisfaisant une production commerciale.

Fig. 1 COURBE TYPE DE CROISSANCE ET D'ASSIMILATION DES ELEMENTS NUTRITIFS



courbe de croissance (+)
 courbe de consommation des Nitrates (Δ)
 courbe de consommation de l'Ammoniac (o)
 courbe de consommation du CO₂ (●)

FTU : Formazin Turbidity Unit.
 (250 FTU ≈ 160 g/m³ d'algues sèches).

Remerciements

Je tiens à remercier ici toute l'équipe AQUACOP, et en particulier Monsieur Claude SOYEZ dont l'assistance m'a été précieuse, ainsi que Monsieur Denis COATANEA pour ses conseils et le soutien qu'il m'a apporté.

Bibliographie

ZARROUK, C., 1966, thèse : Contribution à l'étude d'une Cyanophycée ; influence de divers facteurs physique et chimique sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima*. (Setch et Gardner) Geitler. Fac. des sciences de Paris Ed. p. 85.
 CLOSTERMANN, M., 1981, Opération spirulines - Territoire-CNEXO, Bilan des travaux de la première convention (décembre 1979-novembre 1980) + annexes janvier-juin 1981. AQUACOP - COP/AQ n° 81-55 - p. 80.

RÉIMPLANTATION DE *POSIDONIA OCEANICA*

Georges COOPER

Association - Fondation G. COOPER, Giens, 83400 HYERES.

Introduction :

En 1972, début de nos expérimentations, seule l'étude de Molinier et Picard (7) donnait des précisions sur la progression verticale (élévation du fond) de *Posidonia oceanica* dans les deux passes de Port Cros ; cette progression verticale a été de 1 m en un siècle. Depuis, nos expérimentations sur la germination et sur le bouturage, nous ont apporté de très nombreuses informations sur la manière et sur la vitesse dont se font les différents développements de la plante sans oublier d'autres travaux récents (1,5).

Développement des tiges, polymorphisme caulinaire :

Posidonia oceanica est une plante à double progression : la "progression première", "horizontale", est parallèle au sol qu'elle colonise ; la "progression seconde" est verticale, elle est liée à une grande densité de tiges. Cette plante régularise, en fonction de l'espace disponible, la forme de sa progression et la partition de ses tiges. L'allongement de ses tiges se fera à la vitesse maximum, connue, de 15 cm/an pour la progression première ; elle ne sera plus que de l'épaisseur de 2 feuilles, pour la progression verticale minimum (maximum connu de 10 mm et 6 mm). Mais, en réaction contre un enfouissement, toutes les tiges réagiront par une progression verticale de 10 à 15 cm/an.

Lors de sa "progression première", la tige se ramifie plusieurs fois par an (2 et 3 fois, lors de nos expérimentations). Au cours de sa progression seconde, les ramifications compensent l'espace perdu (tiges mortes).

Au cours de sa progression première et lors de sa réaction contre un enfouissement, la tige renouvellera ses feuilles tous les mois, à raison de 2 feuilles/mois, mais le renouvellement sera annuel lors de sa progression verticale minimum : 4 feuilles/an.

L'apparition des racines sera annuelle, pendant sa progression horizontale : 4 à 6/ans ; par contre, au cours de sa progression verticale minimum, des racines apparaîtront tous les 20 à 30 cm d'allongement des tiges (2).

Discussion : Molinier et Picard définissent une progression verticale de 10 mm/an.

Drew et Jupp (5) parlent d'une progression verticale de 6 mm/an et une progression horizontale de 17 mm/an. Les chiffres que nous citons proviennent de nos expérimentations et de l'étude des morphologies comparées entre nos implants et les tiges de *Posidonies* "naturelles".

La destruction des *Posidonia oceanica*

La destruction des peuplements de cette plante est considérable et représente un problème majeur. Cette destruction se présente sous 2 formes :

1^o) Elle est totale et irréversible (dans le Golfe de Giens, elle doit dépasser 10 km²), il faut attendre que disparaissent les fonds et les mattes qu'elle a créés, que réapparaissent les sables, pour que la plante se réinstalle "naturellement" ou qu'elle soit implantée avec un maximum de développement et un minimum de risques.

2^o) Elle est partielle et est définie par une forte diminution du nombre de tiges (il est possible que cela concerne la quasi totalité des peuplements subsistants). Des études faites à Cannes, dans le Golfe de Giens et dans la rade d'Hyères, nous "montrent" des peuplements de 210 à 350 tiges/m². Nos études sur des peuplements anciens faites dans le Golfe de Giens et dans la rade d'Hyères (2)

apportent des précisions dans ce domaine inexploré ; ainsi, nous avons retrouvé, en 1981, au cours de 3. études, de 1371 à 1958 tiges au m². Nos expérimentations complètent ces informations : "in situ", nous avons obtenu : 1233-1444-1733 et 2058 tiges/m².

Les causes de ces destructions sont multiples : rejets de toxiques et nuisances mécaniques, (égoûts, ports, pêches, plaisance, endigage) ; les effets, complexes, ne sont pas encore définis. L'important serait de rechercher les diverses raisons qui, non seulement ont amené cette destruction, mais empêchent de prendre les décisions qui s'imposent.

La réimplantation de *Posidonia oceanica*, est devenue une "habitude"

La réimplantation, expérimentation "in situ", a pour objet de reconstituer les peuplements de *Posidonies* du golfe de Giens, de la rade d'Hyères et de créer le moyen naturel de lutter contre l'érosion des sédiments du double tombolo de Giens. Destruction et érosion se poursuivent et s'amplifient ; jusqu'à présent, aucune mesure n'a été prise pour arrêter ces deux formes de régression.

La germination des graines et la mise en pépinière des plantules.

C'est en 1972, avec les 300 dernières graines, sur 5300 manipulées, que nous avons appris comment faire germer ces graines. En 1974 nous avons créé la première pépinière où des plantules se développent depuis plus de 8 ans. (malgré des conditions chimiques peu favorables ammoniacale, nitrate, phosphore, détergents provenant d'un égout voisin et une température de l'eau, qui a varié entre + 8 et + 26°C). Nous avons, en 1976, recommencé les expériences de germination, en les orientant vers de nouvelles techniques (germination protection des plantules) (2) (4).

En 1983, nous pensions, pour la quatrième fois, pouvoir ramasser sur les plages et cueillir sur pieds, des fruits de *Posidonies*, afin d'en extraire les graines et les faire germer quel qu'en soit le nombre.

C'est ce que nous pensions lors du colloque de Valva. Si il y eut des fruits et des graines, elles eurent plusieurs mois d'avance sur 1972, 1974 et 1976, en arrivant à maturité au début du mois de Mai, alors qu'en 1972, elles étaient à maturité entre le 25 Juin et 15 juillet.

Nous ne pûmes ramasser qu'un nombre limité de fruits. Mais nous avons fait germer des graines en aquarium et les plantules furent mises en pépinière où elles se développent actuellement.

Réimplantation par boutures :

Au cours des 11 dernières années, nous avons réalisé 50 implantations expérimentales (Cahier N° 5) en employant 15 techniques différentes, pour maintenir les boutures. Deux techniques ont émergé (Cahier N° 4 et 5), une de leurs caractéristiques est la retenue des sédiments. Ces techniques permettent de créer des touffes, qui progressivement se rejoindront. Nous avons implanté dans le golfe de Giens en 4 points et à Cannes, avec ou sans techniques de protection, un total de 50 000 boutures ; certaines de ces boutures se développent depuis 9 ans pour les anciennes, d'autres depuis 3 5 et 7 ans, en différents milieux fortement battus, et sur divers substrats.

Les boutures étaient, sont et seront encore en 1983, des tiges en épaves, préalablement arrachées par des tempêtes ou par des engins mécaniques. (Ganguis, dragues, ancrés, etc...)

Protection des implants :

L'implantation de boutures ou la création de pépinière, peuvent être liées à une nécessité de protection : pour cela nous avons créé "le récif alvéolé" ; celui-ci est un support pour des algues, diversifiant les formations végétales monospécifiques. Les éléments de récifs deviennent un habitat (abri + nourriture) pour une faune benthique très diversifiée un secteur d'alevinage pour quasiment toutes les espèces vivant sur les roches et sur les *Posidonies* ; pour plusieurs espèces, les récifs peuvent devenir une frayère.

En outre, et nos travaux le mettent en évidence, il est possible à nos installations de faire remonter les fonds meubles d'une plage, par un apport sédimentaire que "diffuseraient les récifs alvéolés, que contrôleraient les boutures par une progression verticale optimale, en réaction contre un enfouissement ; ce qui permet d'envisager, en quelques années, une remontée des fonds ; ces fonds, nouveaux, seraient "armés" par 1200 à 2000 tiges au m².

La gestion des peuplements de *Posidonia oceanica* et des rivages meubles :

Des expérimentations est né un savoir nouveau, nous permettant par l'étude morphologique des tiges de *Posidonies*, de comprendre, grâce à une méthode mise au point en 1980, l'évolution des peuplements de *Posidonia oceanica*, et celle des rivages meubles (2) (3).

B I B L I O G R A P H I E

- | | | |
|-----|-------------------------|---|
| (1) | CAYE G 1980 | Thèse 3ème cycle - Morphogénèse de <i>P. Oceanica</i> |
| (2) | COOPER G 1976 à 1982 | Cahiers N° 1 à 6 ASS-FONDATION G COOPER |
| (3) | COOPER G 1981 | E R G M Séminaire de Propriano |
| (4) | COOPER G 1982 | Bulletin d'Ecologie 1/82 |
| (5) | DREW (EA) et JUPP 1976 | Academic Press |
| (6) | GIRAUD G 1977 | Thèse de 3ème cycle Endoume, MARSEILLE |
| (7) | MOLINIER et PICARD 1952 | Annales de l'Institut Océanographique |

APPROCHE DES MÉTHODES DE SÉLECTION CHEZ QUELQUES RHODOPHYCÉES CULTIVÉES

Christophe DESTOMBE

Université de Lille I, Laboratoire d'Algologie et de Biologie végétale marine
U.E.R. de Biologie - SN2 59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

INTRODUCTION

La sélection se révèle être une étape indispensable au développement de l'algoculture car il est obligatoire de rentabiliser les investissements et les installations nécessaires à la production de phycocolloïdes. Aussi, une sélection de souches à croissance rapide et à production relativement élevée de colloïdes serait l'atout de la réussite des cultures.

La voie étudiée est celle de la multiplication végétative. Grâce à cette méthode il est possible de cloner rapidement les espèces tout en maintenant le patrimoine des caractères génétiques de la plante. C'est également par ce biais que fut isolée en 1971 la souche T₄ de *Chondrus* par NEISH et SCHACKLOCK qui s'est révélée être particulièrement riche en colloïdes.

Lors de récentes études sur les cultures de Rhodophycées *in vitro*, des différences de potentialités physiologiques de développement de ces algues ont été mises en évidence. En effet, la culture de variants morphologiques de chaque espèce a confirmé, au niveau de la croissance pondérale, des résultats assez hétérogènes. Nous avons essayé de caractériser les thalles sélectionnés d'après les principaux critères de multiplication, de développement et pour certains, de teneur en colloïdes. La plasticité de forme des espèces étudiées, en fonction des saisons et des conditions de culture (CHAPMAN et coll. 1977), rend difficile l'utilisation des caractères morphologiques comme marqueurs ; aussi, nous avons préféré caractériser chaque clone, par son électrophorégramme de protéines solubles.

I. - SELECTION

A. - Matériel et méthode

La sélection s'est orientée, dans un premier temps, sur les potentialités de croissance de chaque individu. Le choix de départ, arbitrairement fixé sur une différence morphologique, intervient de façon sensible au niveau des résultats de la croissance pondérale. Cette sélection massale est, ici, basée sur la reproduction végétative par bouturage. Chaque thalle, segmenté en 3 séries de 30 échantillons (boutures de 3 cm), est placé en culture *in vitro* à des températures de 12, 16 et 20° sous photopériode 12-12.

Le suivi de la moyenne pondérale permet de comparer, pendant 90 jours, les différentes souches entre elles.

Les espèces étudiées sont *Chondrus crispus*, *Gigartina stellata*, *Solieria chordalis* et *Gracilaria verrucosa*.

B. - Résultats

Les résultats expérimentaux montrent l'existence de différences de croissance d'origines endogène et exogène (température) entre les souches cultivées.

Il est alors possible d'isoler pour une température et une espèce données le clone ayant la production de biomasse la plus élevée, correspondant à la courbe de croissance la plus forte : une croissance de 312 % a été observée pour le clone C 12 de *Chondrus crispus*.

L'expression statistique des résultats est cependant mise en cause par les accidents que peuvent subir les boutures, mort ou partage. Il est alors apparu nécessaire de tenir compte de la pente maximum de chacune des courbes et non de l'écart-type et de la variance liées aux mesures pondérales.

Ces résultats sont complétés ensuite par des histogrammes de fréquence de poids des segments de chaque souche (DESTOMBE 1961).

Pour *Gracilaria verrucosa*, à la phase de prolifération correspond une baisse de production de colloïde. Aussi la diversité intraspécifique, mise en évidence par la sélection massale, doit être complétée par un dosage rapide au 3,6 anhydrogalactose qui fournit une approximation de la teneur en agar.

Cette diversité est donnée par une droite de régression montrant la corrélation poids de matière sèche - agar (CHRISTIAEN 1981).

. Dès lors, toute souche située au-dessus de la droite de régression, d'équation : $y = - 0,6 x + 35,3$, montre un rapport matière sèche - agar intéressant et peut être sélectionnée.

II. - CARACTERISATION DES SOUCHES

Il est impossible de différencier les souches sur des caractères morphologiques. Des essais d'électrophorèse ont donc été tentés de façon à dégager une méthode répétitive de caractérisation des thalles. Le profil électrophorétique des protéines constitue un bon reflet de la constitution génétique d'un organisme (GOTTLIEB 1971).

A. - Matériel et méthode

Ces essais ont été menés sur les mêmes espèces (DESTOMBE et coll. 1982). Les protéines solubles sont séparées par la méthode d'électrophorèse en disques sur gel de polyacrylamide selon les techniques d'ORNSTEIN (1964) et DAVIS (1964) d'après MAURER (1971) et MAURER et ALLEN (1974).

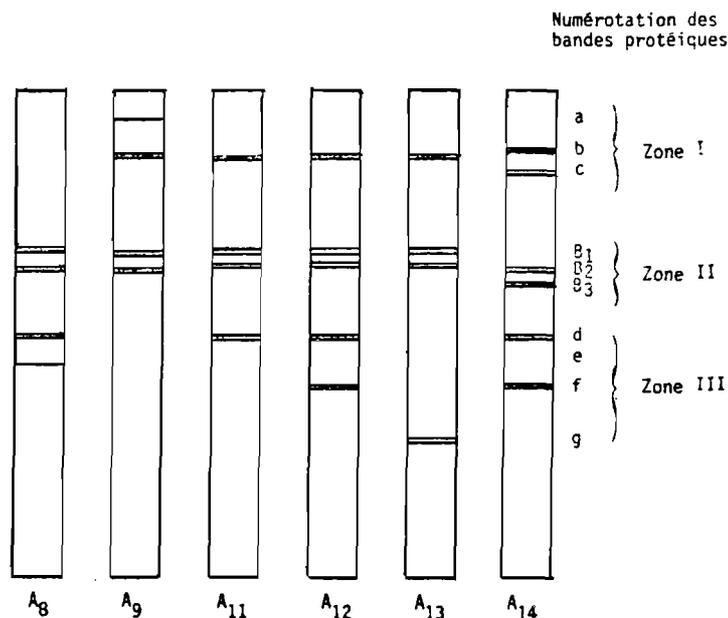
Les électrophorégrammes sont renouvelés sur les algues au moment de la cueillette et après culture *in vitro*, sous différentes photopériodes à températures variables et après apport d'engrais.

B. - Résultats

Les premiers résultats appliqués aux protéines solubles (fig. 1), colorées par le "Coomassie blue", ont révélé peu de bandes. En modifiant le voltage et le temps d'électrophorèse, la résolution a été

FIGURE 1
 DIAGRAMMES ELECTROPHORETIQUES DES SOUCHES DE
 GRACILARIA VERRUCOSA APRES COLORATION AU "COOMASSIE BLUE"

Les thalles A₈, A₉, A₁₁ proviennent de la station du "Cran aux Oeufs" près de Wimereux, les thalles A₁₂, A₁₃, A₁₄ de la station de "l'île Verte" de Roscoff. Les bandes B₁, B₂, B₃ correspondent à la R phycoérythrine.



augmentée, cependant les résultats demeurent encore insuffisants. Ils démontrent toutefois que dans les mêmes conditions de culture et de prélèvement, l'électrophorégramme reste constant lors de tests effectués à six mois d'intervalle et que par contre la répartition des bandes semble varier avec les conditions écophysiologicals.

CONCLUSION

L'hétérogénéité des souches est donc confirmée par un examen des protéines solubles de chaque thalle. Mais, actuellement, il n'est pas encore possible de relier la présence de telle ou telle protéine avec la croissance ou la teneur en colloïde de l'algue.

Des recherches entreprises dans ce sens devraient nous permettre, à terme, d'isoler des lignées d'après des cribles de compositions protéique et enzymatique de l'algue.

BIBLIOGRAPHIE

- CHAPMAN A.R.O., T. EDELSTEIN and P.J. POWER, 1977. - Studies on *Gracilaria*. I - Morphological and Anatomical variation in samples from the Lower Gulf of St-Laurence and New England. *Bot. Mar.* XX : 149-153.

- CHRISTIAEN D., 1981. - Etude biochimique de l'agar-agar de *Gracilaria verrucosa* (Gracilariacées-Gigartinales). (Facteurs biologiques et physico-chimiques influençant sa qualité et sa production industrielle).
Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, Université de Lille I, 103 p.
- DAVIS B.J., 1964. - Disc-electrophoresis. II - Method and application to human serum proteins.
Ann. N.Y. Acad. Sci. 121 : 404-427.
- DESTOMBE C., 1981. - Culture et utilisation d'algues marines. Essais de sélection d'algues rouges.
D.E.A., Université de Lille I, 49 p.
- DESTOMBE C., D. CHRISTIAEN et M. BODARD, 1982. - Mise en évidence de la diversité protéique chez la Rhodophycée : *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss (Gigartinales-Gracilariacées).
Communication présentée au Bull. Soc. Phycol. Fr.,
26 novembre 1982.
- GOTTLIEB L.D., 1971. - Gel electrophoresis : new approach to the study of evolution.
BioScience 21 : 939-944.
- MAURER H.R., 1971. - Disc-electrophoresis and related techniques of polyacrylamide gel electrophoresis.
Ed. Walter de Gruyter, 1971, Berlin - New-York, 222 p.
- MAURER H.R. et R.C. ALLEN, 1974. - Electrophoresis and isoelectric focusing in polyacrylamide gel. Advances of methods and theories. Biochemical and clinical application.
Ed. Walter de Gruyter, 1974, Berlin - New-York, 316 p.
- NEISH A.C. et C.M. SCHACKLOCK, 1971. - Greenhouse experiments on the propagation of Strain T₄ of Irish Moss.
Nat. Res. Counc. Can. Atl. Reg. Lab. Halifax, Technical report n°14, 12253, 25 p.
- ORNSTEIN L., 1964. - Disc-electrophoresis. I - Background and Theory.
Ann. N.Y. Acad. Sci. 121 : 321-347.

MÉTHANISATION DES MICROPHYTES D'ÉPURATION PAR FILTRATION ANAÉROBIE

Samuel ELMALEH, Kalimardin ALGAMAR, Alain GRASMICK & Roger BEN AIM

*Laboratoire de Génie Chimique, Université des Sciences et Techniques du Languedoc
34060 MONTPELLIER CEDEX*

Introduction

Les microalgues d'épuration constituent une source d'énergie renouvelable par méthanisation. Si l'on exclut les problèmes liés aux utilisations potentielles des résidus de fermentation et à l'intégration économique complète, deux difficultés essentielles doivent être résolues :

- 1) les teneurs en matière sèche en suspension dans les étangs de stabilisation sont de l'ordre de 200 mg/l et il est impératif de procéder à une concentration des suspensions avant méthanisation ;
- 2) la méthanisation dans les digesteurs classiques requiert des temps de passage importants et une température de l'ordre de 37°C dont le maintien implique l'auto-consommation de tout ou partie du méthane produit.

La concentration des suspensions de microalgues est un problème délicat du fait de leurs dimensions - 10 à 30 μm - et de leurs caractéristiques propres d'organismes vivants. Les procédés les plus efficaces présentent une redoutable demande en énergie.

Nous proposons de résoudre ces difficultés en combinant la filtration de la suspension à travers un milieu granulaire assurant la rétention des microalgues avec une fermentation in situ par des cellules immobilisées sur les particules de garnissage (1).

Matériels et méthodes

Trois colonnes de diamètre respectif 10, 10 et 20 cm ont été utilisées (2). Elles sont garnies, selon les essais, de particules de sable ou de céramique avec des granulométries faibles (0,2 - 0,25 mm) ou larges (3 - 5 mm). Les unités sontensemencées à l'aide de la liqueur surnageante d'un digesteur traitant des microalgues.

Résultats

La simple filtration dans la masse permet d'obtenir de bonnes efficacités de rétention avec une faible perte de charge donc une faible dépense énergétique. La masse des solides retenus est faiblement dépendante de la dimension des grains constituant le lit filtrant ce qui permet de choisir des matériaux grossiers (3 - 5 mm). Cette masse est fortement dépendante de la concentration ce qui est une conclusion intéressante et inattendue qui devrait conduire à un contrôle très strict des conditions de pompage en profitant d'une concentration plus élevée dans la couche supérieure de la lagune.

Une vitesse de filtration de 1 m/h est le maximum envisageable ce qui implique de grandes aires de surface filtrante pour les débits à traiter. Le choix d'une vitesse inférieure dépend de considérations économiques et techniques. En effet, l'efficacité de rétention des microalgues augmente sensiblement entre 1 m/h (50 %) et 0,5 m/h (70 %). En première approximation, une vitesse de 0,5 m/h peut être envisagée pour évaluer le procédé.

La filtration anaérobie permet une intensification du procédé telle que la filtration physique n'est plus le processus limitant. Il a été possible de faire fonctionner un méthaniseur dans des conditions pratiquement stables pendant 3 mois en produisant 150 l de méthane par kilogramme de matière volatile éliminée.

Discussion

Au plan fondamental, l'aspect intéressant et inattendu est une relation de proportionnalité entre la rétention et le carré de la concentration à l'entrée du filtre de la forme $\sigma = Kc^2$ alors qu'on aurait pu prévoir une équation linéaire. Un tel résultat est la conséquence d'un phénomène de floculation dont la cinétique est voisine du premier ordre ; des phénomènes de floculation de particules colloïdales au sein d'un filtre et leurs conséquences sur l'efficacité de filtration ont été par ailleurs mis en évidence (3).

En outre, il faut noter la valeur extrêmement faible de la charge appliquée qui, au cours des essais, présente une valeur moyenne de 0,1 kg MV/m³.j. A titre comparatif, pour un digesteur de stabilisation des boues résiduaire, la charge est comprise entre 1,6 et 6,4 kg MV/m³.j (4). Il s'agit donc d'un procédé à caractère extensif mais ceci n'enlève rien à la valeur d'un système qui permettrait de produire de l'énergie en améliorant la qualité de l'eau rejetée dans le milieu naturel. Une lagune de 1 ha peut produire 30 tonnes de matières sèches par an soit 27 tonnes de matières volatiles (5);

une filtration anaérobie sur un garnissage de granulométrie 3-5 mm permet de retenir 70 % des microalgues soit 19 tonnes de matières volatiles et de produire, en conséquence, 2850 m³ de méthane soit l'équivalent de 20 x 10³ kWh ou encore une puissance installée de 2,3 kW. En supposant que, par un pompage judicieux, la suspension de microalgues puisse être amenée à une concentration de 1 g/l, le débit à traiter serait de 3,5 m³/h ce qui nécessiterait un filtre de 7 m² d'aire de section droite soit un faible investissement.

Résumé/Conclusion

La filtration à travers un milieu granulaire ensemencé permet de résoudre le problème de la concentration des suspensions de microalgues et de leur méthanisation. La masse des microalgues retenues dépend faiblement de la dimension des grains mais fortement de la concentration ce qui conduit à un strict contrôle des conditions de pompage. Avec une vitesse maximum de 1 m/h, la production de méthane se stabilise à 150 l/kg de matière volatile pendant des mois.

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier du Commissariat à l'Energie Solaire, Action Biomasse, Aide 8034156.

Bibliographie

- (1) ELMALEH S. Les réacteurs à Biomasse Fixée in Point sur l'Épuration et le Traitement des Effluents, Technique et Documentation, p. 13-46, Paris, 1982.
- (2) ALGAMAR K. Filtration et Méthanisation des algues Microscopiques, Thèse de Docteur-Ingénieur, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 1982.
- (3) VIGNESWARAN S. Contribution à la Modélisation de la Filtration dans la Masse, Thèse de Docteur-Ingénieur, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 1980.
- (4) STAFFORD D.A., HAWKES D.C. et HORTON R. Methane Production from Waste Organic Matter, C.R.C. Press, 1980.
- (5) GOLUEKE C.G. et OSWALD W.J. Harvesting and processing sewage-grown algae, J.W.P.C.F., 1965, 37, 471.

CULTURE DE JACINTHE D'EAU SUR BASSIN D'EAU RÉCHAUFFÉE PAR DES CALORIES PERDUES : VALORISATION PAR MÉTHANISATION

André FOURCY & Maurice DUMONT

CEA - CEN-G. - 85 X 38041 GRENOBLE CEDEX

Introduction

Les rejets thermiques industriels ou de centrales électrogènes peuvent avoir de multiples applications suivant leur niveau de température : chauffage de l'habitat, chauffage agricole, pisciculture. Ces différents usages impliquent la notion de cascade énergétique dont les différents paliers sont des niveaux de température. La jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) est une plante aquatique dont l'optimum de croissance est à 25°-30°C et dont le pouvoir épurateur s'avère utile après un premier usage de l'eau [1]. L'un des modes de valorisation de la jacinthe d'eau est la fermentation méthanique [2]. L'objet de l'étude présentée est d'optimiser la culture de la jacinthe d'eau sous nos climats, dans un milieu réchauffé par des calories perdues. La récolte est traitée sur place par un petit fermenteur rustique.

Description de l'expérience en cours

Pour les besoins de l'étude, la jacinthe d'eau est cultivée dans un bassin creusé même le sol et rendu étanche par une bache en polychlorure de vinyle. Le bassin est recouvert d'un tunnel sommaire en polyéthylène. La température de l'eau est maintenue à 25-30°C par une petite pompe à chaleur, elle-même alimentée par l'eau de refroidissement du réacteur Siloé qui est l'un des réacteurs expérimentaux du Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble.

L'eau disponible sur le site possède un pH supérieur à 7 qui doit être ramené à dix environs de 6,5 sinon la croissance serait très ralentie [3]. Cette correction est obtenue de manière durable par la constitution d'un lit de tourbe blonde. L'adjonction de déchets humides provenant des fermentations méthaniques précédentes assure un maintien des réserves minérales à un niveau simulant une eau usée de type effluent piscicole. Les plantes disposent d'une certaine mobilité sur l'eau grâce à leurs flotteurs qui couvrent peu à peu toute la surface du bassin. Au début il est préférable de garnir la surface non couverte en introduisant de petites plantes aquatiques (*Lemma*, *Salvinia*) qui préviennent le développement d'algues filamenteuses en profondeur. La surface couverte passe de 1/8 du bassin à la totalité, soit 50 m² en 34 jours. Elle augmente ainsi de 6% par jour. Dans ces conditions le temps de doublement est de 12 jours. Cette croissance active est maintenue en moyenne 7 mois de l'année. En laissant à chaque

récolte 1/5 de la surface couverte par des plants de jacinthe, il est possible de faire une récolte par mois en période de croissance forte. De juillet 1981 à juillet 1982, il a été récolté, pour 50 m², 1 700 Kg de jacinthe égouttée. En extrapolant à 1 ha, cela représente 340 T de matière fraîche à 5,4% de matière sèche, soit 18,4 T de matière sèche à l'ha et par an.

La fermentation méthanique

Près du bassin de culture a été installé un "fermenteur "Méthaneco" [4] d'une capacité de 1,8 m³ utile formé de 3 paniers en tôle peinte. Une fois pleins, les paniers sont placés dans une cuve parallépipédique enterrée. Les trois paniers baignent dans une liqueur de fermentation commune. Chaque panier reçoit un couvercle en cloche dont la base est immergée dans la phase liquide pour former joint hydraulique. Les avantages du système sont : pied de cuve commun, remplissage d'un panier à la fois au fur et à mesure de la production, contrôle du débit de gaz pour chaque panier. Un cordon électrique chauffant de 300W placé au fond de la cuve permet de maintenir la température du substrat à un niveau favorable à la fermentation anaérobie. Cet apport d'énergie extérieure qui nuit au rendement de l'ensemble est nécessaire à cause de la petite taille du fermenteur, mais serait à réviser en cas d'installation plus importante.

Les charges de chaque panier sont de 400 Kg de jacinthe grâce à un hachage préalable qui permet un meilleur tassage et le départ rapide de la fermentation. La température à choisir est de 55-60°C pour une fermentation thermophile ou 35-40°C pour une mésophile. Seul le rendement en mésophile a été mesuré pour l'instant. Il atteignait à 36 jours 267 l de gaz par Kg de matière sèche. Le taux de méthane ne dépasse 50% qu'au 20ème jour et se stabilise à 55%.

Tableau récapitulatif

	Récolte annuelle Juil.81- Juil.82	Rendement en biogaz	Production cumulée de biogaz
Poids frais pour 50 m ²	1 700 Kg	0,330 m ³ /Kg M.S.	
MS* pour 50 m ²	92 Kg		(50 m ²) 30,36 m ³
MS pour 1 ha	18 400 Kg		(1 ha) 6072 m ³
* MS = Matière Sèche			

Conclusion

Ces travaux ne sont qu'une partie d'une étude plus complète comportant un volet bibliographique [5] et un volet à caractère économique à développer. Pour minimiser les frais, la culture de jacinthe d'eau se ferait en canaux protégés du vent. En effet, les conditions climatiques européennes ne permettent pas une production soutenue toute l'année, sans compter le risque de gel. Cependant les avantages à retenir dans un projet sont :

- épuration des eaux
- intégration dans la cascade énergétique de la filière "récupération d'eau chaude"
- production aisée de biogaz propre
- résidu de fermentation utilisable comme fertilisant.

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce à un contrat CEA-COMES.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] - WOLVERTON B.C., MAC DONALD R.C. 1980. Vascular plants for water pollution control and renewable sources of energy. Bioenergy 80 Conference ATLANTA, Georgia, 21-24 Avril 1980.
- [2] - WOLVERTON B.C., MAC DONALD R.C. 1975 - Bioconversion of Water Hyacinthes into Methane Gas. NASA Technical Memorandum TM X 72725.
- [3] - JOURNET E. 1979. Culture en serre de jacinthe d'eau. Mémoire DEA. Université PARIS XI (ORSAY).
- [4] - Etablissement Méthaneco, MYANS, 73800 MONTMELIAN.
- [5] - GUILLET F., DUMONT M. 1981. Etude bibliographique de la jacinthe d'eau. Culture et fermentation. Note STT 81.19 C. Centre d'Etudes Nucléaires de GRENOBLE.

LES ALGUES EN RADIOÉCOLOGIE MARINE

P. GERMAIN & M. MASSON

Laboratoire de Radioécologie Marine, CEA-ISPEN DERS-SERE B.P. 270 50107 CHERBOURG CEDEX

La radioécologie marine étudie les interactions entre les radionucléides et les constituants du milieu marin.

Les algues présentent un grand intérêt :

- en tant que bioindicateurs car elles fixent fortement un grand nombre de radioéléments présents ou rejetés en milieu marin; elles sont abondantes en biomasse et ubiquistes;
- elles peuvent constituer une voie de transfert vers l'homme par les engrais, les produits de transformation;
- elles sont un des maillons du cycle biogéochimique des radioéléments.

Le facteur de concentration, défini comme le rapport de la teneur d'un élément dans le support frais à celle de l'eau de mer, constitue la formulation la plus utilisée pour exprimer le pouvoir d'accumulation des organismes pour un élément donné. Ainsi, globalement, les algues concentrent 5 000 fois le cérium, 100 fois le césium, 10 000 fois l'iode, 1 000 fois le plutonium, 2 000 fois le ruthénium.

Cependant les taux et les modalités de fixation sont tributaires d'un certain nombre de paramètres extrinsèques, nature des sources (retombées d'explosions nucléaires, centrales nucléaires, usines de retraitement...), qualités physico-chimiques des radioéléments, facteurs du milieu (S ‰, pH, T°, lumière...) et de paramètres intrinsèques (phyllogénétiques, morphogénétiques...)

Des exemples de distribution spatiotemporelle de la radioactivité chez diverses algues prélevées in situ sont présentés afin d'illustrer le comportement en situation réelle de radioéléments aux caractéristiques physico-chimiques variées.

Bibliographie

- GUEGUENIAT, P., LUCAS, Y. 1969. Observations sur la contamination in situ de quelques espèces marines. Note CEA-N-1185, 1969, 22 p.
- FRAIZIER, A., GUARY, J.C. 1977. Diffusion du plutonium en milieu marin : étude quantitative effectuée sur des espèces marines du littoral de la Manche, de Brest (Pointe Saint-Mathieu) à Honfleur. Rapport CEA-R-4822, 1977, 18 p.
- GERMAIN, P., MASSON, M., BARON, Y. 1979. Etude de la répartition de radionucléides émetteurs gamma chez des indicateurs biologiques littoraux des côtes de la Manche et de la mer du Nord de février 1976 à février 1978. Rapport CEA-R-5017, 1979, 55 p.
- ANCELLIN, J., GUEGUENIAT, P., GERMAIN, P. 1979. Radioécologie Marine. Etude du devenir des radionucléides rejetés en milieu marin et applications à la radioprotection. Paris : Eyrolles, 1979, 256 p.
- MASSON, M., PATTI, F., CAPELLINI, L., GERMAIN, P., JEANMAIRE, L. 1983. Etude de la dispersion du technétium 99 sur les côtes françaises de la Manche à l'aide de deux indicateurs biologiques : Fucus sp. et Patella sp. Journal of Radioanalytical Chemistry, vol. 77, n° 1, 1983, 247-255.
- GERMAIN, P., MIRAMAND, P., CAMUS, H., GRENAUT, C. 1983. Distribution et comportement de radionucléides transuraniens dans les compartiments physique et biologique du littoral français de la mer de la Manche. Rapport CEA - R-5233.

RÉALISATION DE CULTURES DE FUCALES À PARTIR DE RÉGÉNÉRATIONS
OBTENUES *IN VITRO* EN VUE DE L'EXPÉRIMENTATION

Georges GIRAUD

Laboratoire de Cytophysiologie Végétale de l'Ecole Normale Supérieure,
24, rue Lhomond 75231 PARIS CEDEX 05

Parmi les Macrophytes, les Fucales jouent un rôle primordial dans la colonisation de la zone intercotidale dont elles constituent une grande partie de la biomasse. Leur utilisation nécessite une connaissance approfondie de leur fonctionnement et des conditions de leur développement.

Définir les facteurs d'une croissance rapide en culture permet d'ouvrir la voie vers toutes les formes d'expérimentation.

Depuis 14 ans environ, des travaux ont porté sur des *Fucus* des côtes de l'Atlantique Nord (Mc Lachlan *et al.* 1971 ; Moss 1964 ; Norton 1977). Notre propos a été de réaliser, à partir de régénérations obtenues *in vitro*, des cultures dans des conditions assurant une croissance rapide et de tester les facteurs physiologiques de leur développement (Giraud, 1983).

Pour cela, des fragments de thalles (2 à 3 mm) de diverses Fucales (*Fucus vesiculosus*, *Fucus ceranoides*, *Cystoseira baccata*, *Cystoseira nodicaulis*, *Sargassum muticum*) récoltées à Roscoff sont mis en culture sur milieu gélosé, après avoir subi divers procédés de nettoyage (antibiotiques tels que érythromycine, spiramycine et pénicilline ; solutions d'hypochlorite de sodium à 5% et mélange alcool-eau v/v).

Malgré ces différents traitements, les cultures ne sont pas axéniques. Elles permettent néanmoins, au bout de 2 à 3 semaines, le développement aérien de nouvelles pousses.

Ces régénérations qui apparaissent sur la blessure apicale ou basale sont nombreuses et non localisées chez le *Fucus* ; par contre, elles sont uniques ou doubles et centrales chez les *Cystoseira*. Dans ce dernier cas, seuls les stipes et les rameaux principaux réagissent. Les thalles obtenus se différencient progressivement. Il est possible de voir, par exemple, au cours de l'année, réapparaître la morphologie complète d'un individu avec formation de tophules (*Cystoseira nodicaulis*). Dans certains cas, une touffe de poils provenant de la prolifération de la zone médullaire se développe mais ne dépasse pas ce stade.

L'aspect cytologique de ces régénérations a été observé. Chez le *Fucus vesiculosus*, l'apparition des bourgeons et notamment la différenciation d'un épiderme se réalisent très tôt (1 semaine). Les cellules méristématiques se forment dans les zones corticale ou médullaire.

Le phénomène est très localisé chez les *Cystoseira* où aucune cellule corticale ne se modifie. Les extrémités des filaments de la zone médullaire, par contre, se chargent d'un contenu dense et se divisent, formant ainsi un bourgeon méristématique qui se différencie en une ébauche de rameau, le plus souvent unique mais qui peut se subdiviser en deux rapidement.

Les jeunes pousses de Fucales remises en culture liquide ont une croissance rapide dans des conditions précises de lumière (de 20 à 40 μm^{-2}), d'aération et de salinité (30 g l^{-1}). Un doublement du poids frais est obtenu entre 12 et 25 jours selon les espèces. La pigmentation et les caractéristiques photosynthétiques ont des valeurs comparables à celles des échantillons de la nature.

Ces cultures ont permis d'aborder des études physiologiques précises, notamment sur les modifications du métabolisme en fonction de l'émersion.

Ce travail constitue une phase indispensable avant l'exploitation rationnelle des Fucales.

Bibliographie

- GIRAUD G., 1983.- Culture de *Fucus vesiculosus* en vue de l'expérimentation. Essais sur d'autres Fucales.- *Physiol. Vég.*, 21, 551-562.
- Mc LACHLAN J., CHEN L.C.M. et EDELSTEIN T., 1971.- The culture of four species of *Fucus* under laboratory conditions.- *Canad. J. Bot.*, 49, 1463-1469.
- MOSS B.L., 1964.- Growth and regeneration of *Fucus vesiculosus* in culture.- *Br. Phycol. Bull.*, 2, 377-380.
- NORTON T.A., 1977.- The growth and development of *Sargassum muticum*.- *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 26, 41-53.
- PROVASOLI L., 1968.- Media and prospects for the cultivation of marine algae. In *Culture and collections of algae*. A. Watanabe and A. Hattori, ed., *Jap. Soc. Plant Physiol.*, 63-65.

CROISSANCE COMPARÉE DE *CYSTOSEIRA BARBATA* (GOOD. ET WOODW.) AG.
(FUCALES) CULTIVÉE DANS DEUX MILIEUX NATURELS

C. GROS & M. KNOEPFFLER-PÉGUY

Laboratoire ARAGO - 66650 BANYULS-sur-MER

INTRODUCTION

La culture des Algues benthiques marines en milieu naturel en vue de rendements industriels nécessite une bonne connaissance du comportement des espèces considérées dans la nature. Ce n'est pas toujours le cas, même et surtout pour les grosses espèces .

Nos expériences de cultures de *Cystoseira barbata* en pleine eau ont pour but d'étudier la croissance de cette Fucale ,de déterminer si possible son rendement et la période la plus favorable à la récolte. Cette espèce a été choisie en raison de sa richesse en alginates [25 à 35 % du poids d'algues sèches (3)] et de son abondance sur les fonds rocheux des lagunes du littoral méditerranéen dont la salinité moyenne dépasse 31 ‰.

MATERIEL ET METHODES

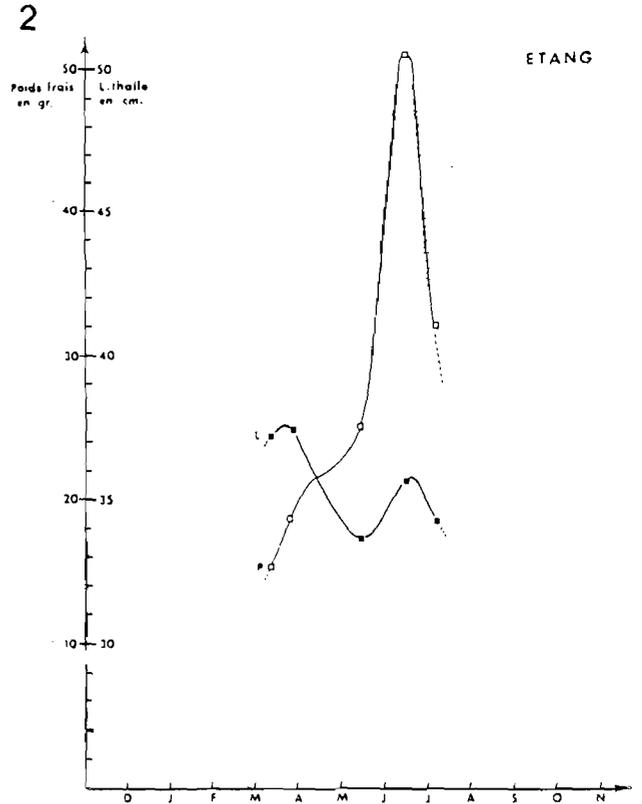
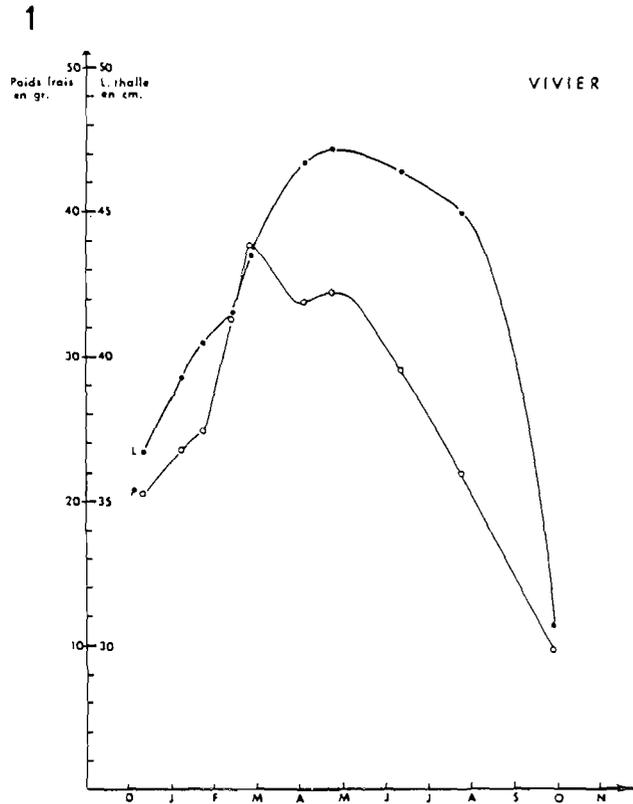
Deux sites de culture ont été retenus pour permettre une étude comparative : l'un en milieu confiné, abrité des coups de mer, le vivier de Banyuls/Mer; l'autre dans l'étang de Salses-Leucate, à 400 m de la rive sud, zone particulièrement agitée par temps de tramontane.

Les algues récoltées dans cet étang ont été triées, nettoyées puis nouées sur des cordelettes amovibles (1). Chaque thalle, repéré par sa position a été suivi; trois paramètres ont été mesurés : le poids frais essoré, après nettoyage, la longueur totale et la longueur de la tige perennante.

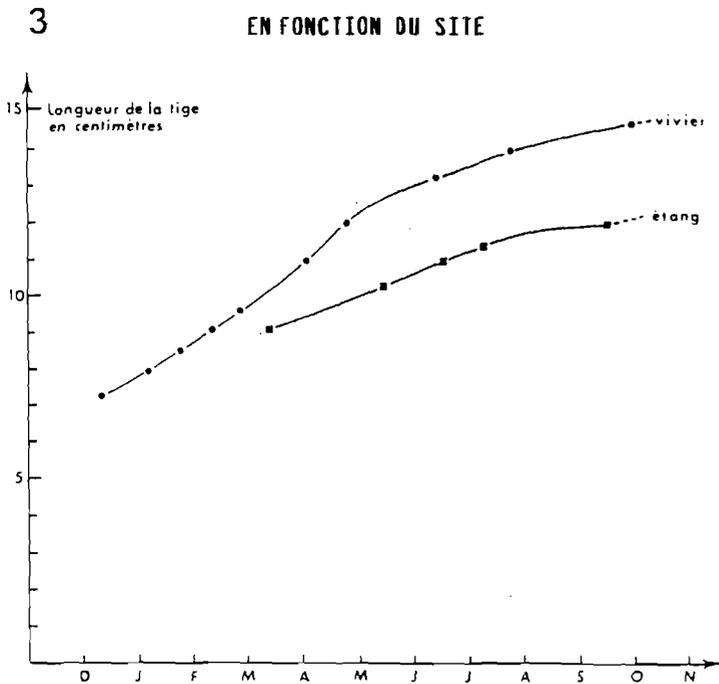
RESULTATS

Les graphiques représentés sur les fig.1 à 3 traduisent l'évolution des paramètres considérés ; pour chaque site. les courbes représentent les valeurs moyennes , calculées à partir de 20 thalles âgés de un ou deux ans et ayant montré un état normal tout au long de l'expérience.

EVOLUTION DE LA LONGUEUR TOTALE (L) ET DU POIDS FRAIS (P)
DE *Cystoseira barbata* AU COURS DE SA CROISSANCE



CROISSANCE EN LONGUEUR DE LA TIGE PERENNANTE
EN FONCTION DU SITE



4 ASPECT DES RAMEAUX CADUCS

DISCUSSION

Ces résultats appellent quelques commentaires:

Chez *Cystoseira barbata*, les rameaux apparaissent au sommet de la tige et (ou) sur des moignons latéraux; ils s'allongent et se ramifient rapidement dès la fin de l'hiver et les plus âgés fructifient abondamment au cours du printemps. Après la fructification, ils se dégarnissent (fig.4) puis se détachent tandis que les rameaux formés ultérieurement poursuivent leur croissance; cette séquence explique la présence d'un deuxième pic plus ou moins marqué.

Les fluctuations de poids et de longueur totale sont assez rapides, surtout dans l'étang où l'hydrodynamisme se combine à la charge des épiphytes pour accélérer la chute des vieux rameaux. La présence d'épibiontes souvent en abondance [algues filamenteuses (Ectocarpales, surtout dans le vivier, mais aussi Chlorophycées diverses) et surtout bryozoaires et jeunes moules, très nombreuses durant l'été sur les Algues cultivées en étang] constitue une gêne très sérieuse.

La tige pérennante s'allonge assez régulièrement (fig.3), et sa croissance paraît être indépendante de sa longueur initiale. Elle est plus faible dans l'étang ce qui pourrait s'expliquer par la chute précoce des vieux rameaux; en effet, lors d'une expérience complémentaire où les rameaux bien développés de certains thalles sont coupés à ras de la tige, il a été constaté un ralentissement de la croissance de la tige considérée. Il semblerait donc que les grands rameaux sénescents transfèrent des métabolites vers la tige avant de se détacher.

CONCLUSION

Le maximum de biomasse et sa durée, facteurs prépondérants pour la récolte, varient suivant le milieu: il se situe en mars-avril dans le vivier et en juin dans l'étang. Les variations de biomasse enregistrées sont un peu supérieures et surtout plus rapides dans l'étang (35 grs par thalle environ).

Les *Cystoseira* étant des algues partiellement pérennantes, il serait hasardeux de comparer ces valeurs de production aux biomasses instantanées relevées dans la littérature (valeurs dépassant parfois 10 kgs de poids frais humide par m² dans des peuplements denses (2)). En se basant sur les résultats préliminaires de cultures en pleine eau, et pour des densités de 25 à 30 thalles/m², on peut estimer à 9 ou 10 tonnes d'algues fraîches, la production annuelle à l'hectare de cette Fucale ce qui pour un rendement d'extraction de 5% correspondrait à une production de 0,4 tonnes d'alginate/Ha/an.

PROGRAMME GENERAL- REMERCIEMENTS

Ce travail s'intègre dans un programme d'études sur la culture d'algues, plus particulièrement des FUCALES, en Méditerranée. Il a été partiellement financé par le COMES (1980-82) à qui nous adressons nos remerciements. Ceux-ci vont également à Mlle B. LLAUBERE pour l'aide technique efficace qu'elle nous a apportée.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) GROS C. et KNOEPFFLER-PEGUY M., Culture en Mer de *Cystoseira* (Fucalées) sur la côte des Albères. I. Matériel et techniques. *Soc. Phycol. de France*, 1978, 23 : 51-56.
- (2) MUNDA I., The production of biomass in the settlements of benthic marine algae in the northern Adriatic. *Botanica marina, Dtsch.*, 1972, 15 (4) : 218-244.
- (3) PELLEGRINI L. et PELLEGRINI M., Contribution à l'étude biochimique des Cystoseiracées méditerranéennes. VII. *Cystoseira barbata* (GOOD. et WOODW.) AG.. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 1972, 32:109-115.

EFFET DU CUIVRE, DU CADMIUM ET DU MERCURE SUR DES CULTURES
MONO-ET PLURISPÉCIFIQUES DU PHYTOPLANCTON MARIN

M. HARDSTEDT-ROMÉO & M. GNASSIA-BARELLI

INSERM U. 216 - Laboratoire de Physique et Chimie Marines 06230 VILLEFRANCHE-SUR-MER

Nous avons étudié la toxicité du cuivre, du cadmium et du mercure sur des cultures monospécifiques et plurispécifiques de phytoplancton. De plus, des expériences d'accumulation -l'accumulation étant considérée comme un phénomène toxique subléta- ont été entreprises sur ces 2 types de culture.

MATERIEL ET METHODES

Les cultures sont effectuées en eau de mer enrichie seulement en sels nutritifs. Les cultures monospécifiques sont réalisées en salle thermostatée ($18 \pm 1^\circ\text{C}$) et éclairée constamment tandis que les cultures plurispécifiques sont faites en bacs de grand volume (2m³) placés à l'air libre ; dans ce cas on laisse se développer les peuplements phytoplanctoniques de l'eau (pompée directement en mer). La croissance des cultures est suivie au microscope et au Coulter Counter. Le seuil de toxicité d'un élément métallique pour une espèce donnée est la concentration en présence de laquelle aucune croissance de la culture n'est observée. On considère, pour les cultures plurispécifiques, que le seuil de toxicité est la concentration à laquelle une espèce disparaît par rapport aux autres.

Les expériences d'accumulation sont effectuées à des doses sublétales (entre 0 et 20 µg métal par litre). En fin d'expérience, les cellules phytoplanctoniques sont minéralisées par attaque acide et analysées par spectrophotométrie d'absorption atomique.

RESULTATS

Les souches étudiées se différencient par des réponses variées à la présence de métal dans le milieu. L'Haptophycée Hymenomonas elongata est sensible au cadmium (seuil = 450 µg l) mais surtout au cuivre (seuil entre 25 et 50 µg l) ainsi que les Bacillariophycées Chaetoceros protuberans et

TABLEAU 1
ACCUMULATION DES METAUX PAR DES CULTURES MONOSPECIFIQUES DE PHYTOPLANCTON

ESPECE	CONCENTRATIONS DU MILIEU µg Cu/l	CONCENTRATIONS DES CELLULES en ng Cu/10 ⁶ Cel.		CONCENTRATIONS DU MILIEU µg Cd/l	CONCENTRATIONS DES CELLULES en ng Cd/10 ⁶ cel.	
		INTOX.	TEMOINS		INTOX.	TEMOINS
<u>Prasinocladus marinus</u>	20	45	4	20	15 *	6
					130 ***	
<u>Hymenomonas elongata</u>	5	46	8	20	28 *	6
	20	75			53 ***	
<u>Chaetoceros curvisetum</u>	5	9	1	20	3	2
	20	20				
<u>Chaetoceros protuberans</u>	5	25	6	20	9	4
	20	60				
<u>Amphidinium carterae</u>	5	30 *				
		40 **	6	20	9	4
	20	30 *				
		130 **				

* après 1/2 h de contact

*** après 24 h de contact

TABLEAU 2
ACCUMULATION DES METAUX PAR DES CULTURES PLURISPECIFIQUES DU PHYTOPLANCTON

CONCENTRATION EN METAL DU BAC INTOXIQUE	CONCENTRATION EN METAL DES CELLULES PHYTOPLANCTONIQUES	
	ng métal INTOXIQUEES	µg de chlorophylle (*) TEMOINS
7,5 µg Cu/l	49 ± 36	7 ± 3
10 µg Cd/l	18 ± 6	2 ± 1

(*) Les résultats dans le cas des cultures plurispécifiques sont exprimés en fonction de la chlorophylle a.

Chaetoceros curvisetum (seuil pour le cuivre à 10 µg/l). Le mercure est le plus toxique des métaux étudiés : seuil à 3 µg/l pour C. protuberans et à 10 µg/l pour la Dinophycée Amphidinium carterae. Nos résultats sont en bon accord avec ceux de Berland et al. (1976).

Les cultures plurispécifiques au départ ne contenaient plus, après 10 jours d'intoxication par 7,5 µg Cu/l, que la Bacillariophycée Skeletonema costatum, connue pour sa résistance au cuivre. Le cadmium n'a apparemment pas induit de toxicité dans les cultures plurispécifiques et le mercure n'a pu être testé.

Les résultats des expériences d'accumulation sont présentés dans les tableaux 1 et 2. Le cuivre est accumulé par les cultures monospécifiques considérées (H. elongata, C. protuberans, C. curvisetum, A. carterae et la Prasinophycée Prasinocladus marinus) ainsi que par les cultures plurispécifiques par rapport à tous les témoins. La concentration en cuivre des cellules phytoplanctoniques semble dépendre de la concentration de cuivre introduite dans le milieu. Le cadmium n'est pas accumulé par toutes les cultures monospécifiques considérées, par contre une accumulation significative du cadmium par rapport aux cultures témoins est notée en ce qui concerne les cultures plurispécifiques. L'accumulation du mercure a été étudiée seulement sur l'espèce H. elongata : les cellules contaminées par 2,5 µg Hg/l présentent des concentrations de 6 et de 13 ng Hg. 10⁶ cellules après une demi-heure et 24 heures de contact alors que celles des témoins sont inférieures à 1 ng Hg 10⁶ cellules.

Nous avons pu montrer que le cuivre était accumulé par H. elongata à partir de 2,5 µg/l (Hardstedt-Roméo et Gnassia-Barelli, 1980) et que, pour cette même espèce l'accumulation du cuivre semblait correspondre à une adsorption tandis que celle du cadmium serait une prise active (Gnassia Barelli et Hårdstedt-Roméo, 1982). Thomas et Siebert (1977) et Kremling et al. (1975) avaient constaté des accumulations de cuivre et de cadmium par du phytoplancton présent dans des écosystèmes reconstitués et contaminés par de faibles doses en ces métaux.

En conclusion, il semble, pour l'instant, difficile d'établir clairement une relation entre toxicité des métaux et accumulation de ceux-ci. On note toutefois que les métaux sont accumulés par diverses espèces phytoplanctoniques et à des doses aussi faibles que 2,5 µg/l. Les travaux réalisés sur des cultures monospécifiques en laboratoire ou des cultures plurispécifiques en écosystème reconstitué permettent d'étudier l'effet des métaux de manière complémentaire : les premiers permettant d'expliquer les phénomènes à l'échelle cellulaire, tandis que les seconds expliqueraient les effets des pollutions métalliques introduites à faibles doses de façon répétée dans l'environnement marin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERLAND, B., BONIN D., KAPKOV V., MAESTRINI S. et ARLHAC D. 1976. Action toxique de 4 métaux lourds sur la croissance d'algues unicellulaires marines. C.R. Acad. Sc. Paris, T.282, Série D-pp 633-636.
- GNASSIA-BARELLI, M. and HARDSTEDT-ROMEIO, M. 1982. M. short-term time series study of copper and cadmium uptake by Cricosphaera elongata (Droop) Braarud. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 61 : 287-298.
- HARDSTEDT-ROMEIO, M. and GNASSIA-BARELLI, M. 1980. Effect of complexation by natural phytoplankton exudates on the accumulation of cadmium and copper by the Haptophyceae Cricosphaera elongata. Mar. Biol. 59 : 79-84.
- KREMLING, K., PIUZE J., VON BROCKEL K. and WONG C.S. 1978. Studies on the pathways and effects of cadmium in controlled ecosystem enclosures. Mar. Biol. 48 : 1-10.
- THOMAS, W.W. and SIEBERT R.L. 1977. Effects of copper on the dominance and the diversity of algae : controlled ecosystem pollution experiment. Bull. Mar. Sci. 27 : 23-33.

TRANSPIRATION JOURNALIÈRE, DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET POLYPLOÏDIE CHEZ LE ROSEAU,
PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.) TRIN. EX STEUD.

Jean-Marie HUBAC*, Camille HUBAC** & Robert GORENFLOT*

*Laboratoire de Biologie Végétale, Expérimentale et Numérique, Université de Paris XI,
Centre d'Orsay, Bâtiment 362 91405 ORSAY CEDEX

**Laboratoire du Phytotron, C.N.R.S. 91190 GIF-SUR-YVETTE

Introduction

Le Roseau, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., est une espèce cosmopolite et très polymorphe. La variation ne porte pas seulement sur la morphologie et le degré de ploïdie, mais sur son écologie. On le rencontre aussi bien en eaux douces ou saumâtres que sur sols salés. Ce qui laisse supposer des différences métaboliques entre clones provenant de ces divers milieux. Ce travail a été réalisé à la suite d'un essai d'implantation dans la station de phyto-épuration des Stes Maries de la Mer, en Camargue, où le Roseau n'a pas résisté à des teneurs en chlorure de sodium de l'ordre de 10 g/l. On a donc tenté de rechercher si des *Phragmites* différant par l'origine géographique et le niveau de ploïdie présentent ou non une résistance au NaCl et des caractéristiques hydriques comparables.

Matériel et Méthodes

Les plantes ont été cultivées en hydroponique dans la solution nutritive (1) aérée par un aérateur à bulles. Les cultures sont effectuées en conditions contrôlées à 22°C - 70 % d'humidité relative - 16 h d'éclairement journalier de 95 W.m⁻², à l'aide de tubes fluorescents "cool white" et des lampes à incandescence, au Phytotron de Gif-sur-Yvette.

Les expériences ont d'abord porté sur la résistance au sel de 4 clones, deux originaires de la zone tempérée (Camargue, en France) respectivement tétraploïde ($2n = 4x = 48$) et octoploïde ($2n = 8x = 96$), et deux d'une zone semi-aride (Afghanistan) avec un octoploïde et un hexaploïde ($2n = 6x = 72$) (Tabl. I) (2).

La teneur en eau est exprimée en pourcentage par rapport au poids de matière sèche ($\frac{PF - PS}{PS} \times 100$) et la transpiration est analysée en continu avec une balance à sortie codée, reliée à un enregistreur, par l'intermédiaire d'un convertisseur numérique analogique (3). Afin d'éviter toute perte d'eau par évaporation, les pots, en plastique noir, sont rendus étanches à l'aide de parafilm. Les résultats rapportés à une même surface foliaire, sont traduits en transpiration horaire et exprimés en g.dm⁻². La surface foliaire est mesurée à l'aide d'un intégrateur de surface dont la précision est de ± 1 %.

Résultats

On remarque que les deux clones de région tempérée sont moins résistants que ceux de zone semi-aride (Tabl. I), cependant, pour la France, l'octoploïde est plus résistant. Quant aux clones afghans, la résistance est supérieure à 20 g/l. et le clone 383 a résisté jusqu'à 30 g/l.

Cette différence de résistance au sel nous a conduits à étudier les caractéristiques hydriques de ces plantes (Tabl. II). La teneur en eau des clones 22 et 428 est relativement faible par rapport aux clones 17 et 383.

Les transpirations journalières (Tabl. I) montrent de grandes différences : dans leur valeur et dans leur cinétique : elles sont de 21,9 g.dm⁻² pour le n° 22 et de 30,0 pour le n° 428 ; ces valeurs sont sensiblement plus importantes pour les n° 383 (39,5 g.dm⁻²) et surtout pour le n° 17 (40,9 g.dm⁻²). De plus les plantes à faible teneur en eau transpirent moins que celles à forte teneur (n° 17). La cinétique est également différente sur un cycle de 24 heures. Trois groupes se distinguent : le n° 22 transpire particulièrement durant la période diurne, et très peu la nuit. La transpiration horaire atteint 1,8 g.dm⁻² à 15 h, alors qu'elle reste aux alentours de 0,2 g.dm⁻² tout au long de la nuit.

Tab. I

Origine géographique, ploïdie et résistance au NaCl.				
Clones n°	Origine	Degré de ploïdie	Résistance au NaCl (g/l.)	
			Min.	Max.
22	Camargue	4 x	7,5	10
17	Camargue	3 x	10	15
428	Afghanistan	3 x	20	20
383	Afghanistan	6 x	20	30

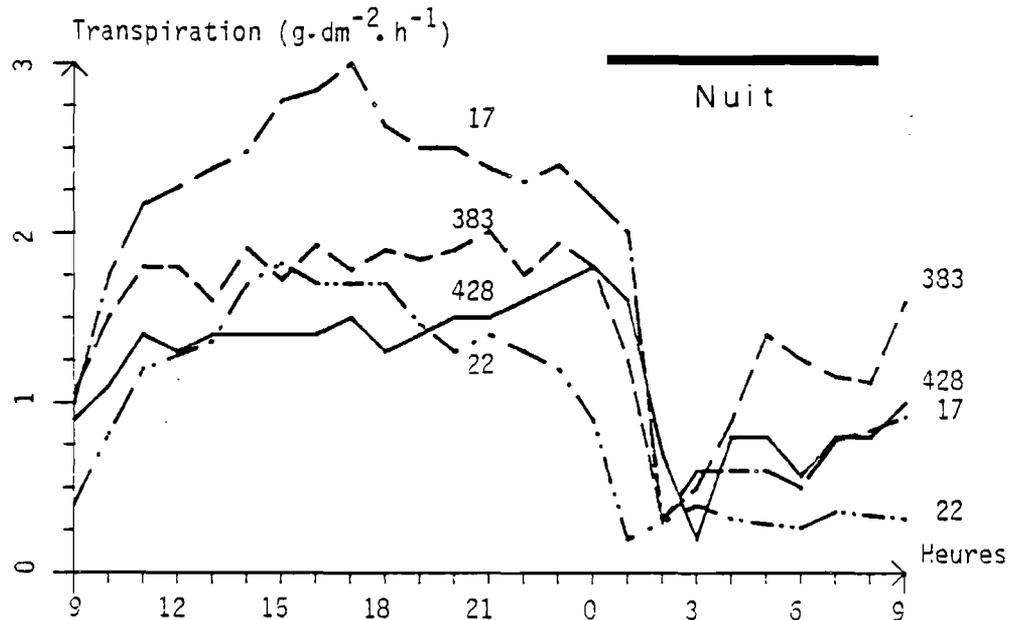
Tab. II

Caractéristiques hydriques des clones				
Clones n°	Teneur en eau	Transpiration journalière (g·dm ⁻²)	Transpiration diurne (%)	Transpiration nocturne (%)
22	217 %	21,9 ± 1,3	95,0 ± 0,5	4,9 ± 0,6
17	352 %	40,9 ± 4,3	36,6 ± 1,5	11,4 ± 1,5
428	212 %	30,6 ± 1,2	32,0 ± 0,5	17,5 ± 0,5
383	340 %	39,5 ± 3,0	78,9 ± 2,1	21,06 ± 2,1

Tab. III

Résistance stomatique des clones de <i>Phragmites</i> (seconda. cm ⁻²)						
Clones n°	4h45		9h30		13h30	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
22	8	8	2,3	6,2	3,0	6,1
17	8	8	2,2	4,5	2,9	5,3
428	4,2	3,3	1,3	1,5	2,5	6,0
383	3,0	4,6	1,0	1,2	2,2	5,3

(1) face supérieure (2) face inférieure

Figure 1. Transpiration journalière des clones de *Phragmites*.

Le deuxième groupe est représenté par les n°17 et 428, soit les clones octoploïdes pour lesquelles la transpiration horaire, chez le n° 17, peut atteindre 3 g.dm^{-2} vers 17 h ; elle reste encore élevée au cours de la nuit, où elle est de l'ordre de 0,6 à 0,8 g.dm^{-2} . Pour le n° 428, la transpiration "diurne", atteint 1,8 g.dm^{-2} aux alentours de 24 h, pour diminuer brutalement au début de la "nuit". puis elle se maintient à une valeur de 0,8 g.dm^{-2} durant le reste de la période nocturne.

Enfin, le troisième groupe correspond au n°383 : au cours de la période diurne, il présente une valeur horaire oscillant autour de 1,8 g.dm^{-2} ; elle diminue dès l'obscurité ($0,3 \text{ g.dm}^{-2}$), puis remonte rapidement et peut, en période nocturne, atteindre 1,4 g.dm^{-2} à 5 h. La transpiration nocturne est particulièrement importante.

Ces mesures de transpiration ont été confirmées par des analyses de résistance stomatique effectuées à l'aide d'un poromètre à diffusion (Delta/Devices) (6). Sur un cycle de 24 heures ; elles ont montré que chez les n° 22 et 17, les stomates sont fermés à 4h 45 du matin (Tabl. III), alors que pour les n° 428 et surtout 383, ils sont déjà très ouverts, comme le montrent les valeurs de la résistance stomatique. Ces mesures confirment les courbes de transpiration. Ainsi, 4 heures avant le début de la période lumineuse, les stomates présentent déjà une grande ouverture. Au cours de la journée (9h 30 et 13h 30) , ils sont ouverts pour tous les clones analysés.

En conclusion, cette étude préliminaire montre que tous les clones de *Phragmites* ne sont pas équivalents, tant sur le niveau de ploïdie que sur leur bilan hydrique, sans toutefois qu'on puisse mettre en parallèle les variations de l'un et de l'autre. Les différences d'origine géographique ne constituent pas une explication suffisante. On peut penser à une modification de la photosynthèse. En effet, bien que le *Phragmites* soit considéré comme une plante en C_3^* (4,5), le fait que certains clones aient leurs stomates ouverts la nuit montre qu'ils pourraient peut-être présenter un mode de photosynthèse à tendance CAM^{**} . Mais il ne s'agit que d'une hypothèse qu'il reste à confirmer par des analyses enzymatiques.

Il est donc important de connaître ces possibilités de variation qui portent, chez le *Phragmites*, non seulement sur la morphologie, mais sur la résistance au sel et sur les caractéristiques hydriques. Ce sont des considérations à prendre en compte, aussi bien dans des études théoriques que dans les diverses applications que l'on peut faire du Roseau.

Bibliographie

1. de Bilderling N. et Lourtioux A. 1976. Quelques années de phytotronique. In "Etudes de Biologie végétale. Hommage au Professeur Chouard". R. Jacques éd. Paris, 331-341.
2. Gorenflot R. 1976. Le complexe polyploïde du *Phragmites australis* (C.V.A.) Trin.ex Steud. (= *P. communis* Trin). *Bull. Soc. Bot. France* 123, 262-271.
3. Hubac C., D. Guerrier et J.Vieira da Silva. 1982. Etude de la transpiration du Cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) en relation avec la photopériode. *Acta Oecol. Plant.* 3 (17) 279-289.
4. Jolivet E. 1975. Les carboxylations photosynthétiques. In "Photosynthèse et production végétale". Gauthier-Villars Ed. Paris. 89-126.
5. Pearcy R. W., J. A. Berry and B. Bartholomew. 1974. Field photosynthetic performance and leaf temperature of *Phragmites communis* under summer conditions in Death Valley, California. *Photosynthetica* 8 (2), 104-108.
6. Slavik B. 1974. Methods of studying plant water relations. Publis. House of the Czechoslovak Academy of Sc. Prague. Springer Verlag. Berlin. Heidelberg. New-York. 449 p.

* C_3 = plantes dont la photosynthèse utilise le cycle de Calvin. ** CAM : métabolisme des acides organiques des Crassulacées.

CULTURES EXPÉRIMENTALES D'UNE ALGINOPHYTE DE MÉDITERRANÉE :
CYSTOSEIRA BARBATA (FUCALES)

M. KNOEPFFLER-PÉGUY & C. GROS

Laboratoire ARAGO - 66650 BANYULS-SUR-MER

INTRODUCTION

Les *Cystoseira*, FUCALES perennantes à rameaux caduques, riches en alginates (1),(3),(5), en stérols, diterpènes et dérivés terpeniques phénoliques particuliers, (2) forment en Méditerranée des peuplements souvent importants en biomasse (4) mais peu exploitables. Bien qu'un certain nombre de travaux aient été réalisés sur ces Algues et malgré leur taille non négligeable, la biologie de ces Phaeophycées est encore très mal connue. D'où l'intérêt de rechercher, dans une optique d'Aquaculture, des techniques culturales permettant à la fois des récoltes aisées (sans main d'oeuvre excessive) et un suivi expérimental, *in situ*, de l'évolution naturelle des plantes. C'est le premier objectif de ce travail. Le second objectif vise à mieux connaître les potentialités de régénération de ces Algues et leurs aptitudes à la vie libre (qualités particulièrement intéressantes dans l'éventualité de cultures en bassins) :

MATERIEL ET METHODES :

Choix de l'espèce :

Cystoseira barbata (GOOD. et WOODW.) AG., Fucale, a été choisie en fonction de sa valeur utilitaire (1),(2),(3),(5), mais aussi en raison de ses facultés d'adaptation à d'importantes variations de température et de salinité de son milieu (6). Sa phénologie et sa rapidité de croissance en font un matériel vraiment intéressant sur le plan de la recherche fondamentale comme sur celui de la recherche appliquée.

Types d'ensemencement:

- soit des oeufs, émis en laboratoire, après induction puis transférés soit en milieu naturel (mer ou étang) soit en bassins (études en cours).
- soit des boutures, de deux types :
 - type (a) : jeunes tiges secondaires munies de leur apex et détachées de la tige principale (fig.1).
 - type (b) : fragments de tige émondés (fig.2).

CULTURES EXPERIMENTALES D'UNE ALGINOPHYTE MEDITERRANEENNE :

Cystoseira barbata (FUCALES)



Fig. 1 à 4 : DIVERS TYPES DE BOUTURES

- 1. bouture de type (a)
- 2. bouture de type (b)
- 3. bouture (b) au bout de 7 jours.
- 4. bouture (b) au bout de 3 mois.

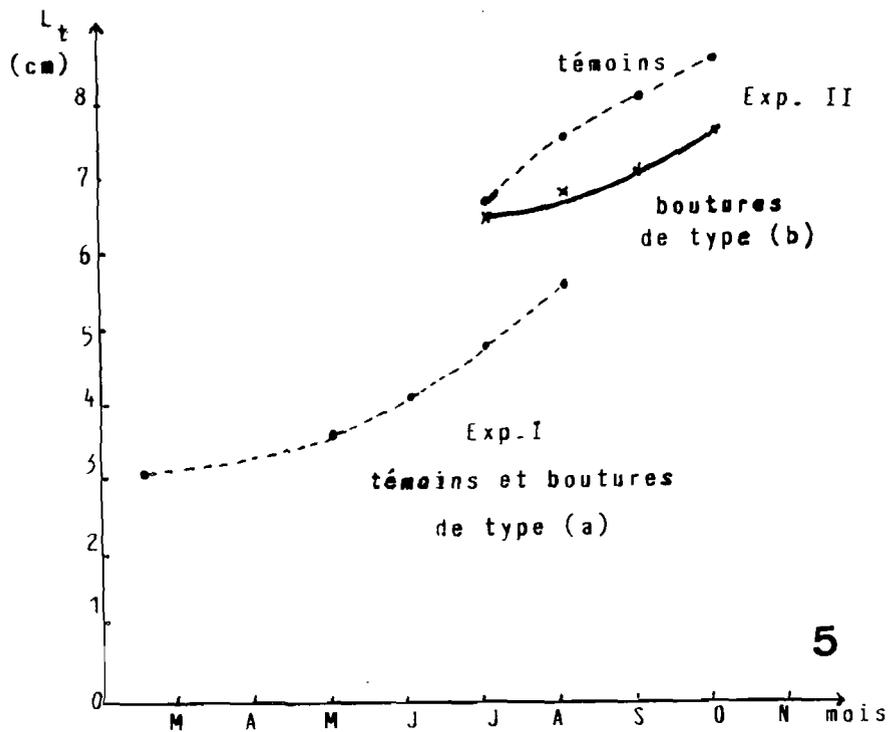


Fig. 5: ALLONGEMENT DE LA TIGE PERENNANTE

Milieux expérimentés :

1 - Cultures *in situ* en milieu naturel : l'étang de Salses- Leucate dans lequel se sont naturellement implantées ces Phaeophycées, depuis sa marinisation, d'une part et le vivier du laboratoire ARAGO, à Banyuls/Mer, zone abritée de la plupart des gros coups de mer, d'autre part.

2 - Cultures en bassins alimentés en eau de mer courante et situés en plein air.

Techniques culturales :

1 - en nasses : dans l'étang, avec des plantes témoins et des boutures de type (a)

2 - sur cordes: les plantes témoins et les boutures des deux types (a) et (b) sont nouées à une distance suffisante les unes des autres pour pouvoir effectuer les mesures sans léser les voisines. Les cordes sont elles mêmes fixées sur des batis solides à des profondeurs variables.

RESULTATS :

- Recherche de techniques culturales :

1- En nasses, les plantes se développent normalement, mais les individus sont difficilement repérables; l'étiquetage est malaisé et le nettoyage des épiphytes long et fastidieux. De plus, les tempêtes de l'étang les endommagent et il y a une grosse perte.

2- Les cordes sont beaucoup plus résistantes : les plantes s'orientent naturellement et le repérage des individus est facilité par leur position (l'étiquetage individuel est inutile): les Algues s'accroissent naturellement et normalement. Enfin la récolte est aisée, surtout si l'on désire ne récolter que les rameaux assimilateurs avant leur chute naturelle.

- Etude du bouturage et de la régénération :

-Expérience I : en bassin, avec des boutures de type (a), la croissance de la tige principale se poursuit normalement (fig. 5, exp. I) mais elle est légèrement ralentie par rapport aux plantes cultivées soit dans l'étang soit dans le vivier.

-Expérience II: l'émondage total ou partiel (fig. 2) des tiges ralentit légèrement la croissance de celles ci mais provoque d'autre part une poussée de rameaux adventifs ou bien la régénération d'apex secondaires, latéraux ou basaux: au bout de trois mois il est impossible de distinguer les plantes témoins des plantes préalablement émondées (fig. 3 et 4).

DISCUSSION ET CONCLUSIONS :

- *Cystoseira barbata* . qui vit habituellement fixée sur des substrats rocheux est parfaitement apte à vivre librement soit sous forme de plantes entières, soit sous forme de boutures. Par ailleurs, le fauchage de ses rameaux et même, éventuellement, la suppression de son apex, ne l'empêche pas de poursuivre son développement. Enfin elle est facile à bouturer. Cependant, quelques problèmes restent à résoudre: en particulier, l'époque à laquelle les rameaux caducs doivent être coupés et l'époque la plus favorable au bouturage doivent être précisées. La question des épiphytes, impossibles à éliminer en milieu naturel, est également à envisager.

Grâce à ses aptitudes, cette espèce est certainement un matériel de choix dans une optique d'aquaculture industrielle dans nos régions méditerranéennes, et particulièrement dans les zones lagunaires.

PROGRAMME GENERAL ET REMERCIEMENTS :

Ce travail s'intègre dans un programme d'études d'algino-phytes plus particulièrement des Fucales en Méditerranée. Il a été partiellement financé par le COMES (1980-82) à qui nous voulons exprimer notre gratitude. Celle-ci s'adressent également à Mlle B. LLAUBERE et à Mrs A. FUCHS et Y. CHAUVET pour l'aide (échelonnée dans le temps) qu'ils nous ont apportée.

BIBLIOGRAPHIE :

- (1) DECHEVA.R. and KHARDALOV.I. Properties and use of sodium alginate obtained from the Bulgarian alga *Cystoseira barbata* in the textile industry. *Khim. Ind. (Sofia)* 1970 3 : 111-17 (Bulg.) C.A. 73.131891 w
- (2) FRANCISCO.C. : Contribution à l'étude chimique des constituants d'Algues brunes du genre *Cystoseira* - 1970 - Thèse 3° cycle Perpignan: 1-106.
- (3) MICHANEK. G.. : Seaweed Resources of the Ocean. F.A.O. Fisheries Technical paper 138 : 1-128.
- (4) MUNDA. I.. : The production of biomass in the settlements of benthic marine Algae in the Northern Adriatic. *Bot. Mar.* 15 (4) : 218-44.
- (5) PELLEGRINI L. : Contribution à l'étude des glucides de quelques espèces méditerranéennes du genre *Cystoseira* AGHARD .Phaeophyceae. Thèse 3° cycle Marseille-Luminy 1970 : 1-303
- (6) SAUVAGEAU .C.. : A propos des *Cystoseira* de Banyuls et de Guethary. *Extr. Bull. Stat. Biol. Arcachon* 1912 : 1-424
- (7) SPAN . A.. : Some observations on the growth rate and growth rythm of species *Cystoseira* J.A.G. in the Adriatic. *Thalassia Jugoslavica* 1969 5 : 337-345

LES GRANDES PHÉOPHYCÉES D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE AUX ILES KERGUELEN

Cécile LAMBERT, Marc LE ROMANCER, Eric TRÉGAROT & René DELÉPINE

*Biogéographie et Ecologie Benthiques, BVM, 7, quai Saint Bernard 75230 PARIS CEDEX 05.*INTRODUCTION

L'importance économique de *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. n'est plus à démontrer puisque cette espèce constitue la principale source d'alginate aux USA (NORTH, 1971). De même *Durvillea antarctica* (Chamisso) Hariot est, ou a été, exploitée dans l'hémisphère austral soit pour extraire des alginate, soit comme aliment chez certaines populations (voir DELEPINE & LEGELEY-PADOVANI, 1979 pour le choix orthographique du nom générique). Ces deux grandes algues brunes sont particulièrement étudiées aux îles Kerguelen, compte tenu de leur intérêt économique et de leur abondance. L'objet de cette communication est de faire connaître quelques caractéristiques du potentiel qu'elles représentent.

RESULTATS1 - MACROCYSTIS

Les nouvelles données obtenues dans la forêt "BIOMAR", en 1982, sont comparées (tableau 1) à celles déjà publiées par GRUA (1971) pour diverses forêts proches de "BIOMAR", par NORTH (1971) pour la Californie et par BARRALES & LOBBAN (1975) pour les côtes d'Argentine.

TABLEAU 1 : DIVERSES CARACTERISTIQUES DES FORETS A MACROCYSTIS

LES VALEURS DE DENSITÉS, DONNÉES POUR 1 M², SONT EXPRIMÉES EN NOMBRE D'INDIVIDUS POUR LES THALLES ET LES FRONDES, EN KG (MATIÈRE FRAICHE) POUR LA BIOMASSE

DENSITE DE THALLES	DENSITE DE FRONDES	DENSITE DE BIOMASSE	FRONDES PAR THALLES	REFERENCES ET SURFACES ETUDIEES
0,4	9,8	4,6	25,9	* KERGUELEN - FORÊT BIOMAR (A) TRANSECT 120 x 5 M LARGE (600 M ²) ; VALEURS MOYENNES IDEM (A) : VALEURS (DE QUADRAT) MINIMALES ET MAXIMALES (B) CENTRE FORÊT ; VALEURS POUR 3 QUADRATS (TRANSECT 25 x 5 M LARGE) (C) MÊME LIEU QUE (B) ; VALEURS POUR TRANSECT RÉDUIT (25 x 1,7 M LARGE)
0,2 à 0,8	2,6 à 27,2	1,1 à 11,3	-	
0,25	9,36	-	37,7	
0,54	19,10	-	35,3	
ENVIRON 1	20 à 90	95 à 600	-	GRUA, 1971 ; KERGUELEN - 5 FORÊTS (QUELQUES M ²)
0,5 à 3,0	1,9 à 15,0	3 à 22	-	NORTH, 1971 ; CALIFORNIE - SURFACES 100 à 400 M ²
0,75 à 1,85	3,04 à 10,91	5,97 ; 7,27	-	BARRALES & LOBBAN, 1975 ; ARGENTINE-TRANSECTS (2,5 x 1,7 M LARGE)

* DONNÉES OBTENUES PAR DEUX D'ENTRE NOUS (M.L.R. ; E.T.) DANS UN TRANSECT PERPENDICULAIRE À LA LIGNE DE RIVAGE ET CONSTITUÉ DE 24 QUADRATS (5 x 5 M) ÉTUDIÉS SÉPARÉMENT. LA HAUTEUR D'EAU AU DESSUS DU FOND (MESURÉE PAR RAPPORT AU NIVEAU MOYEN DE LA MER) EST EN MOYENNE DE 3,5 M ; ELLE VARIE DE 2 M (POUR LE QUADRAT CÔTIER) À 5 M (POUR LE QUADRAT DU LARGE).

Les densités de thalles, de frondes, de biomasse de notre transect sont tout à fait cohérentes avec celles des autres auteurs, à l'exception des données de GRUA qui apparaissent donc nettement surestimées (sans doute en relation avec le protocole utilisé par cet auteur).

Nous avons approfondi cet aspect méthodologique en comparant les résultats obtenus, pour la forêt "BIOMAR", d'une part avec notre technique (transect de 5 m de largeur) et d'autre part avec celle de BARRALES et LOBBAN (transect de 1,7 m de largeur). Les valeurs de la densité de thalles et de frondes diffèrent beaucoup d'une méthode à l'autre, contrairement à celles du nombre de frondes par thalle. Comme seul ce dernier paramètre est indépendant de la surface étudiée, les différences observées pour les deux autres variables sont sûrement à mettre en relation avec les erreurs relatives faites, en plongée, sur les mesures linéaires (d'autant plus grandes que les dimensions sont plus petites). La méthode des transects de 1,7 m de large (malgré ses avantages pratiques liés à "l'envergure du plongeur") apparaît donc moins précise que la technique des quadrats de 5 m de large.

L'évolution de la recolonisation du transect sera suivie. Certains paramètres de la production des forêts à *Macrocystis* seront ainsi connus, qui permettront de mieux gérer cette ressource biologique ; il faut cependant rappeler que, dans l'exploitation normale, seule la biomasse superficielle est récoltée par faucardage des frondes, coupées à 1 mètre environ sous la surface de l'eau.

Une estimation de cette biomasse réellement exploitable a été faite pour 20 thalles qui, découpés et pesés par tronçons de 2 m de longueur, indiquent la quantité de matière algale présente à chaque niveau altitudinal. Les valeurs ainsi obtenues pour la biomasse, comprise entre la surface et 1 m sous celle-ci, représentent environ 50 % de la biomasse totale des thalles, ce qui permet d'évaluer à 2,3 kg/m² (4,6 X 0,5) la biomasse moyenne réellement exploitable à "BIOMAR". Cette valeur complète celles déjà obtenues (de 3,4 à 22 kg/m²) à l'aide de cadres, placés au hasard dans le dais de plusieurs forêts (DELEPINE, 1976).

L'estimation du potentiel global représenté par les îles Kerguelen, nécessite évidemment de connaître la surface totale des dais des différentes forêts. De nombreuses valeurs ont déjà été obtenues au cours de campagnes faites par hélicoptère mais il est certain qu'une couverture par satellite, utilisant ces valeurs comme "vérité terrain", permettrait une estimation globale qui nous reste inconnue.

2 - DURVILLEA

Les estimations sont faites à partir de valeurs choisies parmi celles obtenues depuis plusieurs années. Ces données correspondent au prélèvement de tous les individus de *Durvillea* présents sur des transects réalisés perpendiculairement à la ligne de rivage (tableau 2).

Au sein d'un même transect il existe une grande variabilité des densités de thalles et de biomasse en fonction du niveau altitudinal (cf transects 3,4,5). Cette variation est grandement influencée par le facteur humectation (DELEPINE *et al.*, 1981)

Les valeurs globales, obtenues pour chacun des transects montrent encore une grande variabilité (de 17 à 183 thalles/m² ; de 15 à 120 kg/m²) liée bien sûr aux caractéristiques écologiques des stations (nature et inclinaison de la surface étudiée mode d'exposition, etc...) mais sans doute aussi aux erreurs relatives faites sur les petites dimensions des surfaces grattées. Ainsi, en se limitant au cas de la biomasse, la moyenne pour les 7 transects est de 42 kg/m² alors qu'elle n'est plus que de 26 kg/m² pour les 4 transects dont la surface récoltée est supérieure à 1 m².

La biomasse représentée par la ceinture à *Durvillea* sur une certaine longueur de côte peut être estimée en multipliant cette longueur par la biomasse moyenne rencontrée sur 1 mètre linéaire de côte. La biomasse "équivalente" (correspondant à un transect large de 1 mètre), a donc été calculée à partir des données originales pour chacune des 7 stations. Leur valeur moyenne (56 kg/mètre linéaire de côte) permet d'évaluer la biomasse pour certaines côtes (puisque la ceinture à *Durvillea* y est identifiable sur les photographies "infra-rouge" actuellement en notre possession). Mais là encore, seule une couverture complète par satellite permettrait une estimation globale pour Kerguelen.

TABLEAU 2 : TRANSECTS DANS LA CEINTURE A DURVILLEA AUX KERGUELEN

NUMERO REFERENCE TRANSECT	DENSITES * POUR 1 M2		BIOMASSE * "EQUIVALENTE" (POUR TRANSECT 1 M LARGEUR)	SURFACES ETUDIEES	
	THALLES	BIOMASSE		LARGEUR X LONGUEUR = S (M) (M) (M2)	DATES DE GRATTAGE DES SURFACES NIVEAU ALTITUDINAL ; PENTE DE LA SURFACE
1 1A 1B	17 13 29	30 19 60	74 - -	- X 2.1 = 4.45 2.5 X 1.3 1.4 X 0.8	20.8 ET 19.11.1974 NIVEAU SUPERIEUR ; PENTE 45° NIVEAU INFERIEUR ; ± HORIZONTALE
2	53	120	48	1.0 X 0.4 = 0.40	19.11.1974 ; VERTICALE
3 3A 3B 3C 3D	1 183 793 1 914 479 1 729	32 64 66 4 3	24 - - - -	0.7 X 0.75 = 0.525 0.7 X 0.2 0.7 X 0.15 0.7 X 0.2 0.7 X 0.2	16.5.1976 NIVEAU SUPERIEUR ; VERTICALE NIVEAU INTERMEDIAIRE ; HORIZONTALE NIVEAU INTERMEDIAIRE ; VERTICALE NIVEAU INFERIEUR ; VERTICALE
4 4A 4B 4C 4D	800 325 267 1 433 1 175	27 16 48 38 5	22 - - - -	0.6 X 0.8 = 0.48 0.6 X 0.2 0.6 X 0.2 0.6 X 0.2 0.6 X 0.2	25.9.1976 NIVEAU SUPERIEUR ; VERTICALE NIVEAU INTERMEDIAIRE ; VERTICALE NIVEAU INTERMEDIAIRE ; VERTICALE NIVEAU INFERIEUR ; VERTICALE
5 (5) 5A 5B 5C 5D 5E	25 (16) 20 20 16 10 51	18 (14) 3 46 3 6 50	147 (99) - - - - -	2.0 X 8.1 = 16.2 2.0 X 6.1 = 12.2 2.0 X 1.4 2.0 X 1.5 2.0 X 1.5 2.0 X 1.7 2.0 X 2.0	28.01.1982 ESTIMATION SANS ANOMALIE 5E NIVEAU SUPERIEUR ; PENTE 20° NIVEAU INTERMEDIAIRE SUPERIEUR ; PENTE 20° NIVEAU INTERMEDIAIRE MOYEN ; ± HORIZONTALE NIVEAU INTERMEDIAIRE INFERIEUR ; ± HORIZONTALE NIVEAU INFERIEUR AVEC ROCHER IMPORTANT = ANOMALIE
6	24	50	25	4.0 X 0.5 = 2.0	25.02.1982 ; VERTICALE
7 7A 7B	69 90 48	15 13 17	52 - -	1.8 X 3.4 = 6.12 1.8 X 1.7 1.8 X 1.7	DU 28.05.1982 AU 20.06.1982 NIVEAU SUPERIEUR ; PENTE 30° NIVEAU INFERIEUR ; PENTE 30°
	310 (309)	42 (41)	56 (49)	MOYENNES DES 7 VALEURS GLOBALES DE TRANSECT ; LES VALEURS ENTRE PARENTHESES SONT CALCULEES AVEC (5) AU LIEU DE 5.	

* LES VALEURS (EXPRIMEES EN NOMBRE D'INDIVIDUS POUR LES THALLES ET EN KG DE MATIERE FRAICHE POUR LES BIOMASSES) SONT ARRONDIES A L'UNITÉ.

CONCLUSION

Aux Kerguelen et dans l'état actuel de nos connaissances, les valeurs estimatives moyennes pour la biomasse de *Durvillaea* sont de 25 à 40 kg/m² en matière fraîche, et de 25 à 50 kg/m linéaire de côte où la ceinture est présente. Pour *Macrocystis* une valeur moyenne de 5 kg/m² de forêt (correspondant à une biomasse exploitable de 2 à 3 kg/m²) rend sans doute mieux compte de la réalité que certaines valeurs antérieurement publiées pour cet archipel. Signalons toutefois qu'elles ont été obtenues dans une forêt soumise aux influences de la base de PORT-AUX-FRANCAIS et que de nouvelles études méritent d'être entreprises dans d'autres forêts. Une exploitation expérimentale, utilisant différentes stratégies de coupe, permettrait d'optimiser la production et d'améliorer ainsi l'analyse économique.

Au plan méthodologique il est certain qu'une couverture photographique par satellite, utilisant les données déjà acquises par hélicoptère comme "vérité-terrain", apporterait des compléments indispensables à une bonne estimation de ce potentiel algal. Il est aussi souhaitable que cette couverture soit répétée périodiquement pour suivre les variations naturelles des stocks et assurer une bonne gestion s'il y a exploitation.

REMERCIEMENTS

Ces recherches ont été réalisées au titre du programme Algologie dans le Territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises et financées en partie par celui-ci. En outre, les dépouillements, à Paris, ont aussi bénéficié du financement d'un contrat de l'A.F.M.E. (COMES n° 80 75 206).

BIBLIOGRAPHIE

- BARRALES H.L. & C.S. LOBBAN 1975. The comparative ecology of *Macrocystis pyrifera*, with emphasis on the forests of Chubut, Argentina. J. Ecol., 63, 657-677
- DELEPINE R. 1976. Note préliminaire sur la répartition des algues marines aux îles Kerguelen. C.N.F.R.A. (Comité Nat. Franç. Recherches Antarct.), 39, 153-159
- DELEPINE R. & A. LEGELEY-PADOVANI 1979. Premiers stades de recolonisation, par *Durvillaea* (Phaeophyceae), de substrats naturels aux îles Kerguelen. Rev. Algol. N.S., 14(4), 359-364
- DELEPINE R., D. IMBAULT & A. PADOVANI 1981. Données expérimentales sur l'influence du facteur humectation en écologie littorale. Etude d'un exemple pris aux îles Kerguelen Vie et Milieu, 1978-1979, 28-29(3), série A, 409-424
- GRUA P. 1971. Introduction écologique *in* Invertébrés de l'infralittoral rocheux dans l'Archipel de Kerguelen. C.N.F.R.A. (Comité Nat. Franç. Recherches Antarct.) 30, 1-66
- NORTH W.J. 1971. Introduction and back ground *in* The biology of giant kelp beds (*Macrocystis*) in California. Nova Hedwigia, Sup. 32, 1-97

ADAPTATIONS PHOTOSYNTHÉTIQUES D'UNE ALGUE DE MARES SITUÉES EN SOUS-BOIS : *CHLOROBOTRYS SP.* (XANTHOPHYCÉES)

Jean-Claude LECLERC* & Alain COUTÉ**

* Laboratoire de Physiologie Végétale S.M.P. L.A. n° 40 CNRS Bât. 430 91405 ORSAY

** Laboratoire de Cryptogamie du Muséum M.N.H.N. 12, rue Buffon 75005 PARIS

INTRODUCTION

Les mécanismes de l'adaptation d'algues à des milieux extrêmes sont d'un grand intérêt car on peut mettre en évidence des traits physiologiques particuliers ne se retrouvant pas, ou seulement à l'état marginal, chez les végétaux vivant dans des milieux considérés comme favorables. L'adaptation aux faibles éclairagements est à considérer avec attention car elle permet une productivité végétale dans des milieux où on ne l'attend guère, ainsi qu'à certaines espèces de se reproduire.

MATERIEL

Chlorobotrys sp. (Souche n° 318, du Laboratoire de Cryptogamie du M.N.H.N.) est une xanthophycée unicellulaire qu'on peut trouver dans des mares acides fortement ombragées de forêts de la Région Parisienne. Celle algue est cultivée au Muséum sous un éclairagement de 2 W.m⁻² environ, sur un milieu oligotrophe contenant de l'extrait de terre. Les cellules ont fortement tendance à s'agglomérer.

PROBLEMES TECHNIQUES ET RESULTATS

Comme beaucoup d'algues sciaphiles (1), *chlorobotrys sp* possède des formes de chlorophylle a absorbant aux grandes longueurs d'onde (λ de 695 à 730 nm) qui sont particulièrement abondantes (Fig. 1). En données corrigées, l'absorption représente approximativement celle d'une couche monocellulaire, une conversion de DO en % d'absorption montre alors que si une cellule absorbe environ 95 % de la lumière incidente à 675 nm, elle absorbe encore 70 % de la lumière incidente à 700 nm. L'extension du spectre au-delà de 700 nm où l'absorption de lumière par les arbres est assez faible permet à l'algue de mieux utiliser l'éclairagement qui traverse le couvert forestier. L'absorption au-delà de 700 nm est d'autant plus grande que la culture vieillit (doublement de DO à 700 nm/DO à 679 nm, de 3 semaines à 10 semaines), sans que l'on puisse clairement dire, de même que chez d'autres algues, si l'effet est dû au vieillissement ou bien à la diminution d'éclairagement (2, 3).

La dérivation quatrième des spectres d'absorption (4) permet à 20°C ou à -196°C une identification rapide des formes de chlorophylle a (Fig. 1), on observe ainsi 4 bandes à 692, 698, 701 et 708 nm. Les bandes 662, 667, 678 et 681 nm se retrouvent chez beaucoup d'autres algues (5) et correspondent grosso-modo aux anciens "Ca 670 et Ca 680" et aux "4 bandes universelles" de chlorophylle a (6). La rupture des cellules et l'isolement des lamelles chlorophylliennes conduit à un léger affaïssissement de l'absorption au-delà de 700 nm.

Le traitement des lamelles par le Triton X 100 (détergent utilisé pour détacher des lamelles puis séparer par centrifugation sur gradient, des complexes chlorophylles-protéines-caroténoïdes) a pour effet une considérable diminution de l'absorption au-delà de 690 nm. Le calcul des dérivées quatrièmes met en évidence (Fig. 2) la disparition de toutes les formes de chlorophylle existant *in vivo* au profit d'une très large bande d'absorption vers 668 nm.

L'étude de l'activité photosynthétique des algues aux faibles éclairagements permet chez beaucoup d'entre elles de voir un "effet KOK" qui s'interprète par une dérivation d'électrons des chaînes respiratoires vers la réduction du P700 photooxydé, ce qui permet à l'algue de faire partiellement l'économie du fonctionnement du Photosystème II (7) jusqu'à des éclairagements de l'ordre de 1 W.m⁻², ainsi chez *Porphyridium* (Fig. 3) (8). Il n'en est pas de même avec *Chlorobotrys sp* qui présente en lumière excitant principalement le photosystème I un rendement photosynthétique constant pour une longueur d'onde donnée, en fonction de l'intensité lumineuse jusqu'à 7 à 10 W.m⁻² (Fig. 4) c'est-à-dire très au dessus du point de compensation

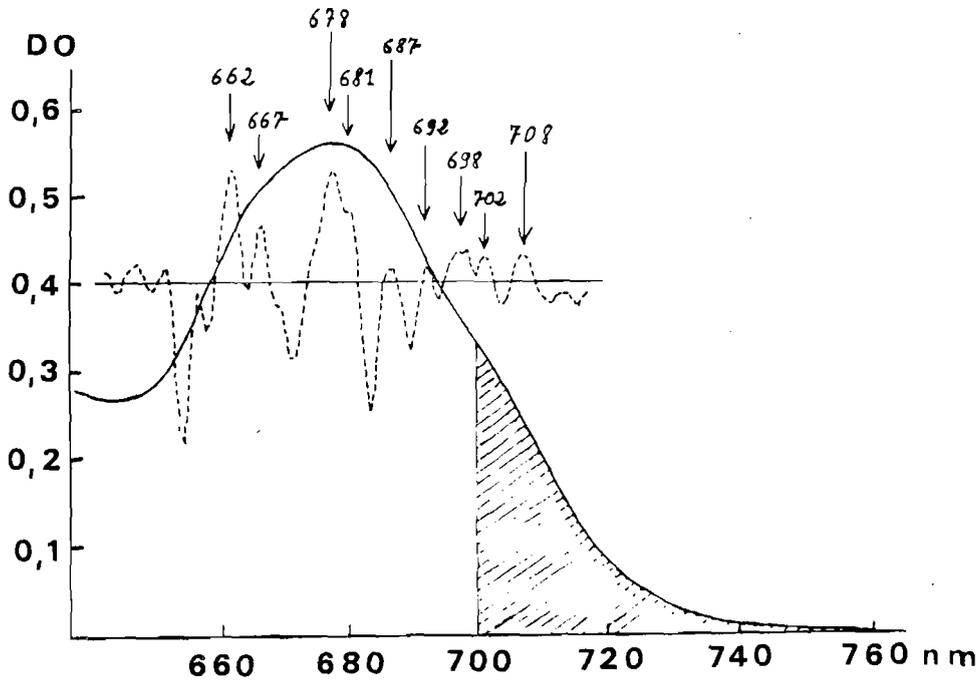


Fig. n° 1 : Spectre d'absorption de cellules entières de Chlorocotrys à 20°C. Spectre (—) dérivée quatrième (---), remarquer la fore absorption au-dessus de 700 nm (///).

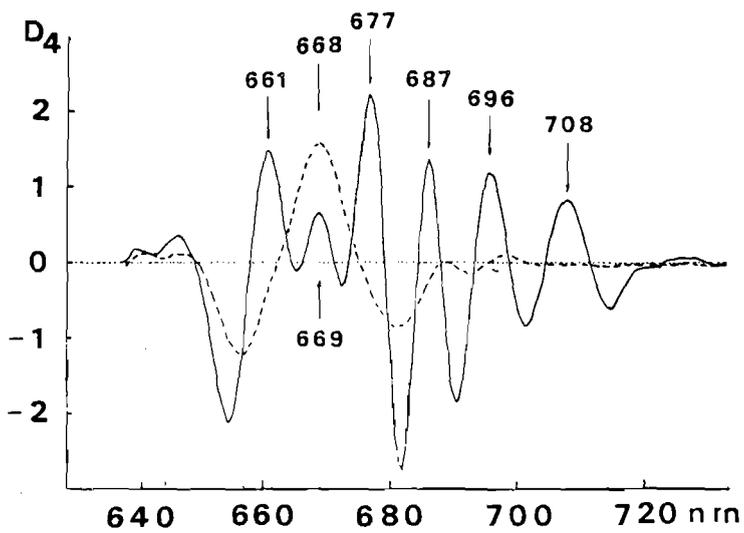
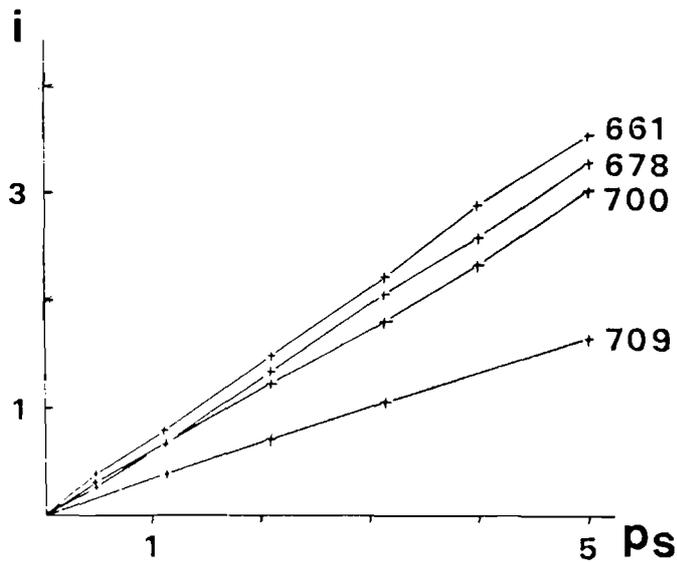
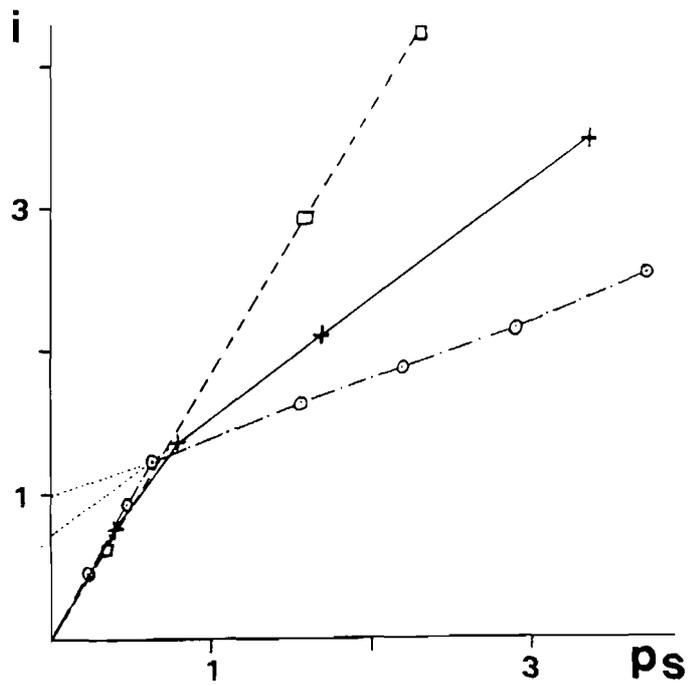


Fig. n° 2 : Effet du Triton X100 sur les lamelles. Trait plein : dérivée quatrième de l'absorption de lamelles "intactes" (culture de 4 semaines), tirets: même calcul après traitement des lamelles au triton 0,2 %.



Effet KOK chez Porphyridium (Fig. n° 3, intensités d'éclairement: I et photosynthèse: PS en unités arbitraires. Fixations de CO₂ à 550: □ et 693 nm: +. Emission d'O₂ à 693 nm. ○, et son absence chez Chlorobotrys (Fig. n° 4, les λ d'éclairement sont indiquées).

lumineux. Les exigences quantiques sont assez faibles pour la chlorophylle c (9,5 hv exigés pour émettre un O₂ à 632 nm), et le reste encore à 700 nm (15 hv par O₂) et même au-delà (19 hv par O₂ à 709 nm) ce qui est inhabituel.

DISCUSSION

L'existence de formes de chlorophylle a absorbant au-delà de 690 nm et qui sont très abondantes peut s'interpréter par une grande richesse en chlorophylle, des protéines lamellaires conduisant à des interactions fortes et nombreuses dans les complexes chlorophylle-protéine (5) et entre complexes voisins avec apparition de bandes d'absorption spécifiques *in vivo* à la fois nombreuses et étendues dans le rouge sombre. L'action du triton X100 serait de briser beaucoup d'interactions chlorophylliennes spécifiques et bien organisées, au profit d'interactions anarchiques et faibles conduisant à une nouvelle bande de longueur d'onde peu différente de celles observables chez beaucoup de solutions diluées de chlorophylle a.

L'explication la plus plausible de la bonne efficacité quantique de l'émission photosynthétique d'oxygène vers 700 nm est que la chlorophylle de *Chlorobotrys* est organisée de telle façon qu'elle permette un transfert inverse de l'énergie depuis la chlorophylle absorbant vers 700 nm jusqu'aux centres de photosystème II. Certaines souches de *Chlorella* cultivées en lumière faible ont un comportement assez proche de celui de *Chlorobotrys*.

L'intérêt pratique des espèces bien adaptées aux éclaircissements faibles de par leur pigmentation et leur efficacité photosynthétique vient de ce qu'elles pourraient être cultivées en parallèle avec les algues en croissance rapide, en utilisant la lumière résiduelle non captée par ces dernières. Ces algues à croissance lente pourraient aussi utiliser des eaux appauvries en sels nutritifs, il serait possible aussi, en particulier celles du milieu marin, qu'elles résistent à l'action des prédateurs par la synthèse de substances : de répulsion, ou de résistance mécanique, ou bien encore nocives vis-à-vis des bactéries ou des animaux.

RESUME - CONCLUSION

Chlorobotrys est une algue sciaphile riche en chlorophylles absorbant le rouge sombre et dont les spécificités d'absorption sont aisément brisées par un détergent. Son rendement de photosynthèse de 690 à 710 nm est, de même que la pigmentation, un caractère d'adaptation à un environnement lumineux limitant mais enrichi en rouge sombre.

BIBLIOGRAPHIE

- 1: LECLERC J.C., COUTE A. et HOARAU J. Pigments and photosynthetic activity adaptations in some algae living in low light places. Photosynthesis VI. G. Akoyunoglou Ed, Balaban Philadelphia, Pa, 1981, 443-453.
- 2: BROWN J.S. The separation of the forms of chlorophyll a and the absorption changes in *Euglena* during aging. Biochim. Biophys. Acta, 1963, 75, 299-305.
- 3: BROWN J.S. Fluorimetric evidence for the participation of chlorophyll a-695 nm in system 2. Biochim. Biophys. Acta, 1967, 143, 391-398.
- 4: LECLERC J.C., HOARAU J. et GUERIN-DUMARTRAIT E. An analysis of *Porphyridium* absorption bands with a digital spectrophotometer. Photchem. Photobiol., 1975, 22, 41-48.
- 5: LECLERC J.C., HOARAU J. et REMY R. Analysis of absorption spectra-changes induced by temperature lowering on phycobilisomes, thylakoids and chlorophyll-protein complexes. Biochim. Biophys. Acta, 1979, 547, 398-409.
- 6: FRENCH C.S., BROWN J.S., WIESSNER W. et LAWRENCE M.C. Four common forms of chlorophyll a. Carnegie Yearbook, 1970, 69, 662-670.
- 7: HEALEY F.P. et MYERS J. The Kok effect in *Chlamydomonas reinhardtii*. Plant Physiol, 1971, 47, 373-379.
- 8: LECLERC J.C., DÖHLER G. et ROSSLENBROICH H.J. ¹⁴CO₂ fixation under various limited light conditions in *Porphyridium cruentum*. Plant Sci. Lett., 1982, 24, 225-229.

UN FERTILISANT FOLIAIRE EXTRAIT D'ALGUES BRUNES

Claude LEFEBVRE

Université de Lille I, Laboratoire d'Algologie et de Biologie végétale marine
U.E.R. de Biologie - SN2, 59655 VILLENEUVE-D'ASCQ CEDEX

INTRODUCTION

Les fertilisants foliaires sont couramment employés en agriculture et, parmi eux, les extraits d'algues sont de plus en plus utilisés (2). Leurs effets sur les cultures sont très différents selon la composition du mélange à l'origine du produit. Le manque d'informations sur la teneur et la qualité exactes des substances actives qu'ils contiennent ne permet pas de prévoir la réponse des plantes traitées. Il importait donc, dans un premier temps, de préciser l'action de ces extraits sur les espèces habituellement cultivées. Cette étude tente de quantifier celle de l'ALGANOL sur des productions horticoles, maraîchères et agricoles.

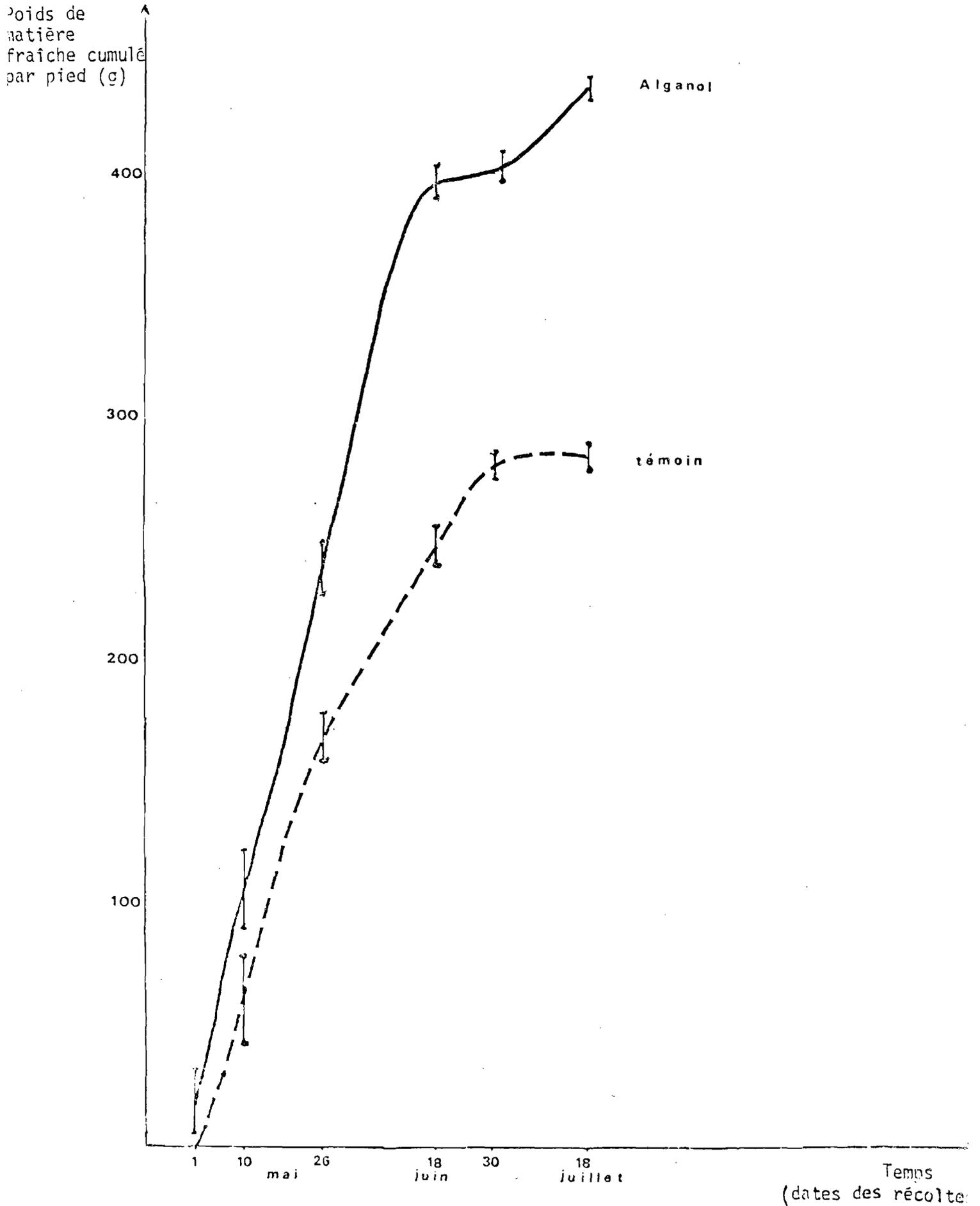
MATERIEL ET METHODE

L'ALGANOL est issu d'un mélange de trois Phéophycées : *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, *Fucus serratus* L., *F. vesiculosus* L. Il a été expérimenté sous l'une de ses formes de commercialisation, c'est-à-dire en poudre à dissoudre. Bien que de nombreuses manipulations aient été faites par ailleurs (1), nous nous sommes limité ici à l'étude de l'action de l'extrait sur la croissance végétale, la production fruitière et l'état phytosanitaire des plantes traitées.

Dans une serre dite "à tendance tropicale", l'ALGANOL a été testé sur une plantation de *Coleus* (*Coleus* sp.) (112 pieds) répartis en deux lots homogènes et sur plusieurs séries de pieds de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill. variété Sofia). En milieu extérieur, en collaboration avec une coopérative agricole du Cap Gris-Nez, des traitements ont été réalisés sur des plants de pommes de terre (*Solanum tuberosum* L.) cultivés soit en carré latin avec plusieurs variétés (Bintje, Sirtema, Spunta, Eba, Primura), soit en champ avec la variété Bintje. Dans

FIGURE 1

POIDS DE MATIERE FRAICHE CUMULE,
PAR PIED DE TOMATES, AU COURS DU TEMPS



tous les cas, l'application de l'extrait d'algues a été faite par vaporisations foliaires, en présence de témoins vaporisés avec de l'eau et, pour les essais phytosanitaires, avec un insecticide général classique de contact.

La croissance, chez le *Coleus*, est mesurée par l'élongation de la tige, de sa base au dernier entre-noeud. Le rendement en fruits est évalué par l'augmentation du poids de matière fraîche et la primeur des récoltes est notée. L'état phytosanitaire, enfin, est apprécié par la diminution du nombre de parasites sur les feuilles des plantes.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'expérience sur les *Coleus* a fait apparaître une croissance plus élevée chez les lots traités. En négligeant la variabilité génétique intraspécifique, que l'on suppose comparable dans les deux populations, une différence de 23 %, statistiquement différente au seuil de 5 %, est apparue.

L'étude des rendements en fruits des plants de tomates montre un accroissement pondéral par pied, en fin de culture, de 53 %, et la courbe de la figure 1 (poids de matière fraîche cumulé, par pied, au cours du temps) traduit l'évolution de la récolte au cours de l'expérimentation et met ainsi en évidence la primeur des individus traités.

Sur le terrain agricole, en revanche, il n'a pas pu être démontré de différence significative, au seuil de 10 %, pour les pommes de terre. Les ingénieurs de la coopérative soulignent, toutefois, la difficulté apparente de cette espèce à l'absorption foliaire et l'irrégularité des réponses aux stimuli apportés par ce type de fertilisation, quelle qu'en soit l'origine.

L'observation de l'état phytosanitaire des cultures de tomates a permis de noter l'effet répulsif de l'ALGANOL vis-à-vis des parasites courants (au moins pour les aleurodes, les pucerons). Cette activité est rémanente car, tout au long de l'expérimentation (2 mois) les pieds traités avec cet extrait sont restés constamment sains.

CONCLUSION - RESUME

L'ALGANOL, un fertilisant foliaire produit par une firme française, a été appliqué sur différentes espèces végétales tant agricoles que horticoles ou maraîchères. Son action semble positive du point de vue de la croissance végétale, du rendement en fruits et pour la préservation d'un état phytosanitaire satisfaisant. Les essais réalisés en champ, toutefois, n'ont pu confirmer ceux obtenus en serre, au moins pour les espèces expérimentées, volontairement limitées dans cette étude.

Il importe à présent de standardiser les réponses des végétaux à l'ALGANOL et de rechercher les principes actifs responsables des effets observés. Dans ce but, l'utilisation de suspensions cellulaires pourrait être un outil fiable pour tester à la fois l'extrait brut et son fractionnement.

REMERCIEMENTS

Je tiens ici à remercier la Société P. ROBERTET, à Grasse, qui m'a fourni l'ALGANOL et la SICA Plants du Cap Gris-Nez, à Audinghen, qui m'a permis d'effectuer des essais en champ et en carré latin.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - LEFEBVRE Cl., 1982. - Etude d'un fertilisant foliaire extrait d'algues brunes. *D.E.A., Université de Lille I*, 1-91.
- 2 - SENN T.L. et A.R. KINGMANN, 1978. - Seaweed research in crop production (1958-1978). Ed. Clemson Univ. Hort. depart., 161 p.

STRATÉGIE DE PRODUCTION *IN SITU* D'UNE RHODOPHYCÉE
SOURCE POTENTIELLE DE PROTEINES : *PALMARIA PALMATA* (L.) O. KUNTZE

Guy LEVAVASSEUR* & Patrick DION**

*Station Biologique, C.E.O.B.M., 29211 ROSCOFF

** Biogéographie et Ecologie Benthiques, B.V.M., Université P. et M. CURIE
7, quai Saint Bernard 75230 PARIS CEDEX 05

I. INTRODUCTION

Palmaria palmata (L.) O. Kuntze est une Rhodophycée commune des côtes Nord-Atlantique. Cette espèce présente un intérêt écologique par la biomasse qu'elle peut localement représenter et par sa répartition précise à la base de la zone intertidale. Son intérêt économique potentiel réside dans son contenu particulièrement riche en protéines : jusqu'à 35 % du poids sec (9). Cette ressource naturelle, déjà consommée sèche en Amérique du Nord et en Irlande sous le nom de "Dulse", est utilisée en France pour la nutrition de l'Ormeau d'aquaculture. Le développement *in situ* de *P. palmata* a déjà été abordé en fonction du niveau altitudinal (5). Cette étude a pour but d'analyser l'impact des facteurs de l'environnement sur quelques aspects physiologiques impliqués dans la production de cette algue.

II. MATERIEL et METHODES

A) **Matériel biologique et échantillonnage.** Les observations et analyses sont effectuées mensuellement sur une population homogène et synchrone, obtenue en laboratoire sur substrat artificiel et transplantée dans la nature selon une méthode mise au point par DION et DELEPINE (4). La transplantation a eu lieu en Janvier 1982, au niveau + 1,50 m, dans un site peu exposé sur la face N-W de l'île Verte de Roscoff.

B) **Croissance.** L'augmentation en longueur des frondes a été utilisée comme indice de croissance. Les valeurs, données en mm/jour (Fig. 6) correspondent à une vitesse moyenne de croissance entre deux mesures successives de longueur.

C) **Composition chimique des thalles.** Son analyse étant en cours de réalisation les données saisonnières obtenues par CHAUMONT (1) dans la région de Dinard serviront de références (Fig. 8).

D) **Pigments.** Les chlorophylles et les phycobiliprotéines sont respectivement extraites en milieu acétonique et en solution aqueuse, en suivant les précautions d'usage déjà décrites (7). Les concentrations en chlorophylle a (Fig. 3) ont été calculées à l'aide des formules de ZIEGLER et EGLE (12) et DE KOUCHKOVSKY (3) ; l'analyse quantitative de la phycoerythrine (fig. 4), est assurée en utilisant les coefficients d'absorption donnés par O'CARRA (10).

E) **Capacité photosynthétique.** Son estimation repose sur des mesures des variations de teneur en oxygène dissous de l'eau d'incubation par méthode polarographique sous conditions contrôlées (8) : température constante, éclairage expérimental fourni par 12 tubes 165 W TRUE LITE DUROLUX dégageant au niveau des thalles un flux de photons de $1800 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (soit $360 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$).

III. RESULTATS

- L'importance de la croissance printanière des thalles s'explique par leur forte capacité photosynthétique, elle-même liée à des teneurs maximales en pigments, et par du rayonnement global déjà élevé permettant en outre une bonne exploitation de cette capacité.

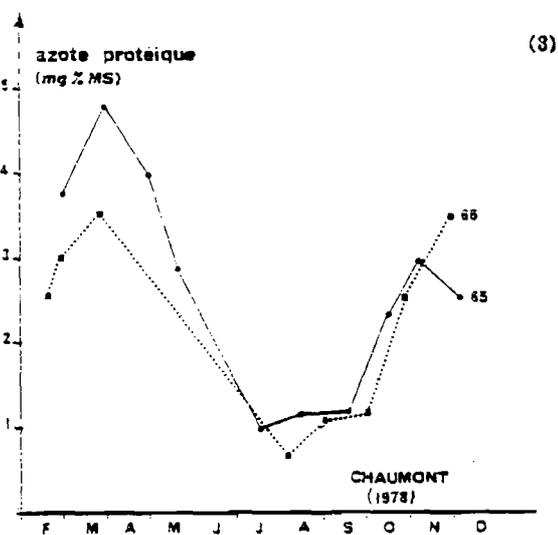
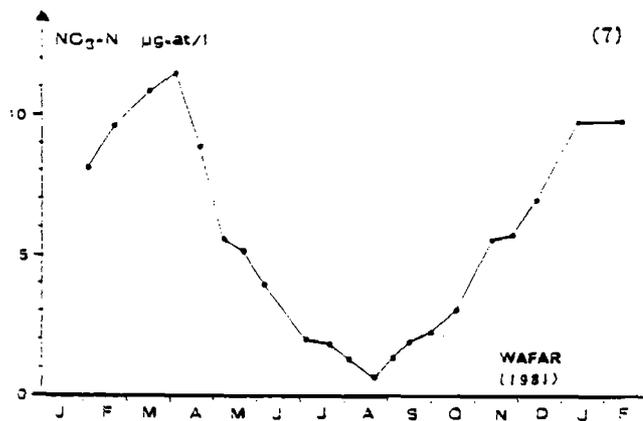
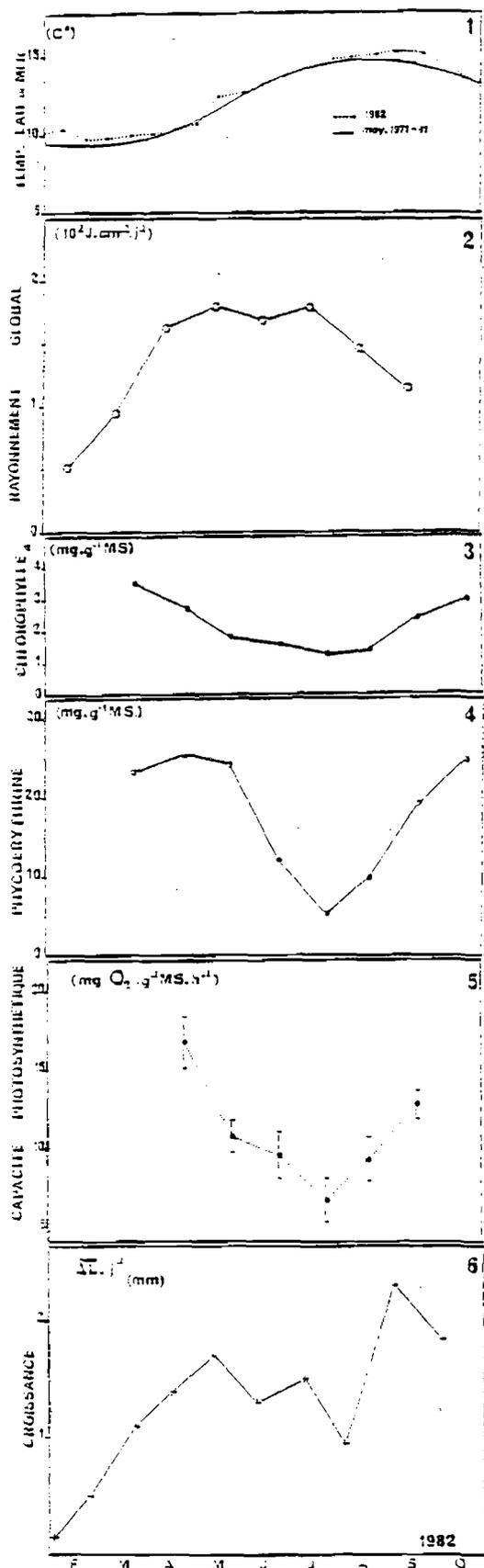
- A partir du mois de mai, la concentration en pigments et la capacité photosynthétique baissent sensiblement pour attendre un minimum à la fin juillet. Durant cette période, la vitesse de croissance d'abord se maintient puis décline irrégulièrement vers un minimum en début août.

La baisse des teneurs en pigments et particulièrement l'effondrement des concentrations en phycoerythrine, peut s'expliquer par une photodestruction (due à l'intensité de l'éclairage estival) et/ou par une difficulté accrue de leur biosynthèse à partir des faibles concentrations en sources azotées dans le milieu (2) (ces concentrations devenant en effet minimales en été dans les eaux de Roscoff (11) et (Fig. 7)).

Le maintien relatif de la croissance alors que la capacité photosynthétique et la concentration en nutrilites azotés diminuent, semble lié à l'utilisation de réserves : les teneurs en protéines diminuent à l'approche de l'été dans la population de P. palmata de Dinard (1) et il a même été montré expérimentalement (6) que la consommation de réserves azotées pouvaient s'étendre aux phycobiliprotéines chez les Algues rouges cultivées en milieu appauvri en azote. Avec les forts éclairages et les faibles concentrations en azote, les besoins de la croissance pourraient donc à priori jouer aussi un rôle dans la chute des teneurs en pigments au début de l'été.

- Dès septembre, une forte reprise de croissance est observée sous des températures encore proches du maximum annuel (Fig. 1) mais sous un rayonnement fortement réduit (Fig. 2) alors que les concentrations en nitrates restent encore faibles pendant ce mois (Fig. 7). **La diminution sensible de l'éclairage (et de son action photodestructrice sur les pigments) apparaît donc comme le facteur prépondérant de cette reprise de croissance.** En effet, elle permet la restauration de l'équipement pigmentaire et de la capacité photosynthétique (7), cette dernière favorisant vraisemblablement une meilleure incorporation des faibles quantités de nutrilites du milieu ambiant (2).

- A l'approche de l'hiver, sous une température et un éclairage qui régressent la croissance diminue malgré une augmentation de la capacité photosynthétique. Dans le cadre de cette expérience, les thalles atteignent leur maturité (formation de tétrasporocystes) en octobre.



Figs. 1 à 6 : Variations des divers paramètres mesurés simultanément durant la périodes d'expérimentation.

Les variations saisonnières de la teneur en nitrates de l'eau de mer à Roscoff (WAFAR, 1981) et celles de la teneur en azote protéique des thalles de *P. palmata* (CHAUMONT, 1978) sont indiquées à titre de référence respectivement Figs. 7 et 8.

IV. CONCLUSION

Sous conditions expérimentales standard, la capacité photosynthétique de P. palmata n'est pas constante. Elle est tributaire de variations saisonnières des teneurs en chlorophylles et phycobilines elles-mêmes placées sous l'influence prépondérante du facteur lumière.

En particulier, le fort éclaircissement estival diminue la capacité photosynthétique dont l'intégrité paraît nécessaire à l'utilisation optimale des ressources azotées du milieu. Les deux saisons les plus favorables au développement et à l'exploitation de cette espèce s'avèrent être le printemps et le début de l'automne.

Dans le cadre de cultures en milieu contrôlé, une diminution de l'intensité d'éclaircissement et un enrichissement du milieu en composés azotés, dès le début de l'été, permettraient d'optimiser sa production en période estivale en prévenant la photodestruction des pigments, et de maintenir une teneur élevée en protéines.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) CHAUMONT, J.P. Variations de la teneur en composés azotés du Rhodymenia palmata. Grev. Bot. Mar., 1978, 21, 23-29.
- (2) DE BOER J.A., 1981. Nutrients in : the Biology of Seaweeds, chap. 10, Botanical monographs, vol. 17, Ed C.S. Lobban & M.J. Wynne, Blackwell Scientific publications, 356-392.
- (3) DE KOUCHKOVSKY Y. Induction photosynthétique des chloroplastes isolés. *Physiol. Vég.*, 1963, 1, 15-76.
- (4) DION P. et R. DELEPINE. Cycle de développement de Gigartina stellata et Petrocelis cruenta (Rhodophyceae, Gigartinales) étudiés "in situ" à Roscoff. *Rev. Algol.*, 1979, 14, 327-341.
- (5) DION P. et R. DELEPINE. Studies of the development of Palmaria palmata (Rhodophyceae) using "in situ". Controlled cultures. in : Proc. Xth Internat. Seaweed Symposium, ed. Tore Ievring, 1981, 265-270.
- (6) LAPOINTE B.E. The effect of light and nitrogen on growth, pigment content and biochemical composition of Gracilaria foliifera. Var. angustissima (Gigartinales, Rhodophyta). *J. Phycol.*, 1981, 17, 93-101.
- (7) LEVAVASSEUR, G. Comportement photosynthétique de quelques macrophytes benthiques de la région de Roscoff. Intérêt écophysio-logique et incidence sur la productivité. Thèse Doct. 3ème cycle, Université P. et M. Curie, PARIS, 1980, 73 p.
- (8) LEVAVASSEUR, G. et G. GIRAUD. Modification de la photosynthèse nette d'une Ulve de Roscoff en fonction de la durée d'éclaircissement. *Physiol. Vég.*, 1982, 20, 143-154.
- (9) MORGAN K.C., J.L.C. WRIGHT et F.J. SIMPSON. Review of chemical constituents of the red alga Palmaria palmata (DuRoi). *Econ. Bot.*, 1980, 34, 27-50.
- (10) O'CARRA P. Purification and N-terminal analysis of algal biliproteins. *Biochem. J.* 1965, 94, 171-174.
- (11) WAFAR M.W.M. Nutrients, primary production and dissolved and particulate organic matter in well-mixed temperate coastal waters (Bay of Morlaix - Western English channel). Thèse Doct. 3ème cycle, Université P. et M. Curie, Paris, 1981, 226 p.
- (12) ZIEGLER R. & K. EGLE, 1965. Zur quantitativen Analyse der Chloroplastenpigmente. I. Kritische Überprüfung der Spektralphotometrischen chlorophyllbestimmung. *Beitr. Biol. Pflanzen*, 1965, 41, 11-37.

RELATION ENTRE LA PRODUCTIVITE ET L'ÉCLAIREMENT CHEZ *POSIDONIA OCEANICA* :
DONNÉES PRÉLIMINAIRES

Maurice LIBES^{*,**}, Marie-Reine PLANTE-CUNY^{*} & Charles-François BOUDOURESQUE^{**}

* Centre d'Océanologie de Marseille, Station marine d'Endoume-Luminy (URA 41),
rue de la batterie des Lions, 13007 MARSEILLE

** Laboratoire d'Ecologie du Benthos et de Biologie végétale marine, Faculté des
Sciences de Luminy, route Lachamp, 13288 MARSEILLE CEDEX 9

INTRODUCTION : Les travaux récents portant sur la production primaire des herbiers de phanérogames marines, le plus souvent réalisés sur *Thalassia testudinum* Banks ex König. et *Zostera marina* L. montrent que les herbiers qu'elles constituent sont parmi les plus productifs du milieu marin (4, 7, 8). En ce qui concerne *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, les données sont plus rares. Seuls les travaux de DREW et JUPP (5), par la méthode du carbone 14 appliquée à des fragments de feuilles, de BAY (1) et OTT (9), par la méthode des bilans d'oxygène, et CRISTIANI (3) par la mesure des accroissements de biomasse, font mention de valeurs de production. Ces auteurs n'ont pas distingué la part de production revenant aux épiphytes des feuilles. La présente étude, utilisant la méthode du carbone 14 appliquée in situ sur des plants entiers, a pour but d'améliorer les estimations de production, et d'apporter des informations sur le rôle et la contribution des espèces épiphytes.

MATERIEL ET METHODES : La station étudiée est située à 2,5 mètres de profondeur dans un herbier dense (400 à 600 faisceaux.m⁻²) de la baie de Port-Cros (Var, France). Lors de chaque expérience, un cylindre de plexiglas (12) muni d'un système d'agitation (1) est placé sur un faisceau de feuilles de *P. oceanica*. Au début de l'expérience, 2 ml d'une solution saline de NaH¹⁴CO₃ (20 µCi.ml⁻¹) sont injectés à l'intérieur de l'enceinte (4 litres). L'énergie lumineuse incidente est mesurée pendant la durée totale de l'incubation (quantamètre Li Cor 550, capteur LI 192 SB). Au terme de 2 heures d'incubation, le faisceau de feuilles est récolté, rincé, essuyé et congelé immédiatement. Au laboratoire, après décongélation, le matériel épiphytes est séparé des feuilles par un grattage minutieux des 2 faces des feuilles par une lame de rasoir. Après lyophilisation, feuilles et épiphytes sont pesés et brûlés dans un four Packard TriCarb B 306. La quantité de carbone 14 piégée est alors estimée au spectromètre à scintillation liquide. Les "coups par minute" obtenus sont convertis en mgC assimilés selon la formule donnée dans VOLLENWEIDER (11). Les expériences ont été réalisées tous les mois. Les résultats donnés ici à titre d'exemple concernent quelques cycles journaliers seulement effectués en Mars, Mai, Juin et Novembre.

RESULTATS : 1) L'effet de la lumière sur la productivité de *P. oceanica* et de ses épiphytes est conforme au modèle classique. Dans une première phase, la productivité augmente proportionnellement à la quantité d'énergie lumineuse incidente, puis elle atteint une valeur maximale à partir de laquelle

une augmentation supplémentaire de l'éclairement ne produit plus d'effets positifs; le taux d'assimilation du carbone devient constant : c'est la phase de saturation. Enfin, dans une troisième phase, pour des éclairements encore plus élevés, nous observons une décroissance du taux de productivité : c'est la phase de photoinhibition (6). En Novembre et en Mars, nous n'observons chez P. oceanica que la première phase. En Mai, l'énergie lumineuse saturante est atteinte vers $600 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, comme chez T. testudinum et Z. marina (2, 10). La phase de photoinhibition est observée en Juin à partir d'un éclairement de $800 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

2) L'efficacité photosynthétique (rapport entre la productivité et l'éclairement) est maximale en début de journée (Tab. I). Ces variations horaires de l'efficacité photosynthétique, dues à l'éclairement, peuvent en outre interférer avec une composante circadienne endogène à P. oceanica.

	8-10 h	11-13 h	14-16 h	16-18 h
$\text{E.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	1,26	1,98	2,80	3,49
$\mu\text{gC.gPS}^{-1}/\text{E.m}^{-2}$	480	390	280	180

Tab. I : Evolution de l'efficacité photosynthétique de P. oceanica au cours d'une journée. Le 11 Juin 1982, Baie de Port-Cros -2,5m.

Au cours de l'année, cette efficacité photosynthétique est maximale pendant les mois peu éclairés d'hiver (Tab. II).

	Novembre	Mars	Mai	Juin	Juillet
$\text{E.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	0,9	1,7	2,6	2,6	2,4
$\mu\text{gC.gPS}^{-1}/\text{E.m}^{-2}$	420	300	190	350	120

Tab. II : Evolution de l'efficacité photosynthétique de P. oceanica au cours de l'année. Baie de Port-Cros -2,5m.

3) La production primaire de P. oceanica, mesurée par la méthode du carbone 14 au cours de ces cycles journaliers représente une valeur intermédiaire entre la production nette et brute. Elle évolue à partir de $1,5 \text{ gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ en Novembre jusqu'à $6,5 \text{ gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ en Juin. Celle des épiphytes évolue à partir de 0,4 en Novembre jusqu'à $2,5 \text{ gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ en Mai. Si la production primaire des épiphytes est inférieure à celle de P. oceanica, en revanche, leur productivité (production par unité de poids de matière sèche) est toujours 2 fois plus élevée. Une extrapolation provisoire, utilisant une partie seulement de nos données, aboutit à une production annuelle de $1300 \text{ gC.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$, soit environ $3500 \text{ gPS.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$ ($35 \text{ t.ha}^{-1}.\text{a}^{-1}$), dont 27% sont attribuables aux épiphytes. Cette valeur de production, voisine de celle de OTT (9) à Naples (Italie) dans un herbier situé à -4 mètres ($31 \text{ t.ha}^{-1}.\text{a}^{-1}$) est très élevée, et, si elle devait être confirmée par l'ensemble de nos résultats, ferait de l'herbier de Posidonies l'un des écosystèmes les plus productifs du milieu marin.

RESUME-CONCLUSION : Selon l'heure de la journée et la saison, la productivité de P. oceanica et de ses épiphytes augmente avec l'éclairement, se stabilise pour des intensités lumineuses d'environ $600 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$, puis décroît pour des intensités supérieures à $800 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$. Une extrapolation provisoire de nos résultats, obtenue à partir de l'utilisation des relations productivité-éclairement, comme modèle prédictif, aboutit à une production annuelle de $3,5 \text{ kg MS.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- (1) BAY, D., 1978. Etude in situ de la production primaire d'un herbier de Posidonies (Posidonia oceanica (L.) Delile) de la baie de Calvi - Corse. Thèse Fac. Sci., Univ. Liège, Belg. : 1-251.
- (2) CAPONE, D.G., PENHALE, P.A., OREMLAND, R.S., & TAYLOR, B.F., 1979. Relationship between productivity and N_2 (C_2H_2) fixation in a Thalassia testudinum community. Limnol. oceanogr., 24 (1) : 117-125.
- (3) CRISTIANI, G., 1980. Biomasse et répartition de l'herbier de Posidonia oceanica de la côte bleue (Bouches du Rhône, France) et pollution marine par les métaux lourds. Thèse spéc. Univ. Aix-Marseille III : 1-150.
- (4) DILLON, C.R., 1971. A comparative study of the primary productivity of estuarine phytoplankton and macrobenthic plants. Ph. D. Univ. North Carolina : 1-112.
- (5) DREW, E.A., JUPP, B.P., 1976. Some aspect of the growth of Posidonia oceanica in Malta. in : E. DREW, L. LYTHGOE and K. WOODS (Eds), Underwater Research, Academic Press, London : 357-367.
- (6) LIBES, M., BOUDOURESQUE, C.F., PLANTE-CUNY, M.R., (1983). Preliminary data on the production of Posidonia oceanica and of its epiphytes in the bay of Port-Cros (Var, France). Rapp. P.V. Reun. Comm. internation. Explor. sci. Medit., Monaco, 28 (2) : 133-134.
- (7) McROY, C.P., 1974. Seagrass productivity. Carbon uptake experiments in eelgrass Zostera marina. Aquaculture, 4 : 131-137.
- (8) McROY, C.P., & McMILLAN, C., 1977. Production ecology and physiology of seagrasses. in C.P. McROY & C. HELFFERICH (Eds), Seagrass ecosystems : a scientific perspective. Dekker New York, USA : 53-87.
- (9) OTT, A.J., 1980. Growth and production in Posidonia oceanica (L.) Delile. Mar. Ecol., P.S.Z.I., Germ., 1 : 47-64.
- (10) PENHALE, P.A., 1977. Macrophyte-Epiphyte biomass and productivity in an eelgrass (Zostera marina). Mar. Ecol. 1 : 47-64.
- (11) VOLLENWEIDER, R.A., 1974. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. I.B.P. Handbook n°12, Blackwell. Oxford & Edimburgh. 1-225.
- (12) WETZEL, R.G., 1964. A comparative study of the primary productivity of higher aquatic plants, periphyton, phytoplankton in a large shallow lake. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 49 : 1-61.

EXPÉRIENCES DE CULTURE D'ALGUES A CARRAGHÉNANES EN CORSE

Jean MOLLION

Institut International d'Enseignement et de Recherches des Colloïdes Naturels
rue des géraniums 13337 MARSEILLE CEDEX 3

Introduction

Hypnea musciformis récolté au Sénégal et en Corse, et Chondrus crispus récolté en Bretagne ont été cultivés en bassins sur le site du CNEOX à Ghisonaccia, en Corse orientale. Le but principal de ces expériences, effectuées au cours des étés 1981 et 1982, a été de montrer que les conditions climatiques corses permettaient de cultiver à la fois des espèces de climat tempéré et tropicales. Dans une expérience précédente (résultats non publiés), la culture de ces deux espèces avait dû être abandonnée après avoir été envahie par les épiphytes. L'une des raisons probables de cet échec a été l'emploi de trop fortes doses d'engrais sur des cultures à faible densité. La culture de ces deux espèces a été reprise en augmentant la concentration en engrais proportionnellement à l'accroissement de la densité d'algue dans les bassins.

Materiel et methodes

Les bassins de culture sont décrits dans la figure 1. L'agitation des algues est obtenue par injection d'air comprimé dans les bassins de 8h à 20h. L'eau de mer est renouvelée de façon continue. Le taux de renouvellement, exprimé en échanges par jour, est indiqué dans les figures 2,3,4 et 5. Les lieux et les dates de récolte des algues cultivées ainsi que les dates d'ensemencement dans les bassins sont indiqués dans le tableau 1.

Fertilisation:

L'addition d'engrais est effectuée en continue à partir de 2 solutions

- macroéléments : NaNO_3 1300 mM/l , NH_4Cl 200 mM/l ,
 NaH_2PO_4 75 mM/l

- oligoéléments : Fe EDTA 20,66 mM/l , H_3BO_4 24,46 mM/l ,
 $MnCl_2 \cdot 4 H_2O$ 6,13 mM/l , $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$ 0,51 mM/l , $Na_2MoO_4 \cdot 2 H_2O$ 1,07 mM/l , $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0,2 mM/l , $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 0,1 mM/l

La concentration résultante en nitrate obtenue dans les bassins est indiquée dans les figures 2,3,4 et 5.

contrôle des épiphytes :

Au cours de nos expériences la concentration en NO_3 dans les bassins a été augmentée proportionnellement à l'accroissement de la densité d'algue, afin d'éviter le risque d'épiphytisme consécutif à un excès d'engrais (1).

Pour éviter l'envahissement par Enteromorpha, les bassins ont été recouverts d'un filtre neutre pendant la phase de culture à faible densité.

Un traitement par le GeO_2 à une concentration de 4 mg/l pendant 10h permet d'éliminer les diatomées (2).

Résultats

Expérience de l'été 1981

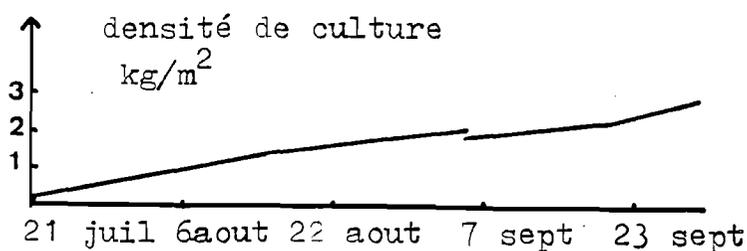
- concentration en NO_3

La figure 2 et 3 montre que le taux de croissance de H. musciformis et C. crispus est proportionnel à la concentration en NO_3 . La plus forte concentration testée, $36,4 \mu M$, est donc inférieure ou égale à la concentration optimale pour un meilleur taux de croissance. Les souches de H. musciformis Monique et Irene, de couleur très pâle lors de leur récolte, ont été complètement blanchies après 10 jours de culture, bien que la souche Monique, recevant de l'engrais, ait montré momentanément une légère reprise de couleur. Il a été observé que ces deux souches avaient complètement disparu de leur habitat d'origine à la fin de l'été.

La souche Isabelle récoltée en bon état a été envahie par les épiphytes après une phase de croissance rapide.

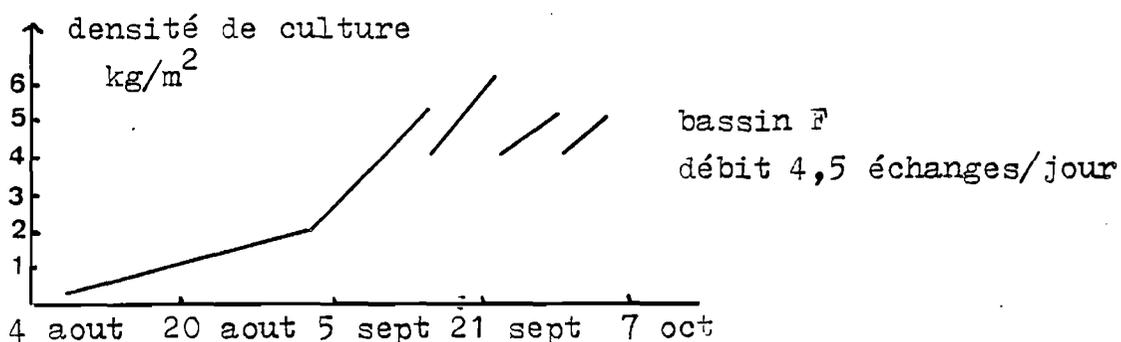
- lutte contre les épiphytes

Le C. crispus et la souche Rockaya de H. musciformis cultivés respectivement dans les bassins C et E, en présence de concentrations progressivement croissantes de NO_3 , n'ont pas été épiphytées. La souche Rockaya repiquée dans le bassin B à forte concentration en NO_3 a été envahie par des Diatomées. Un traitement par GeO_2 a été efficace.



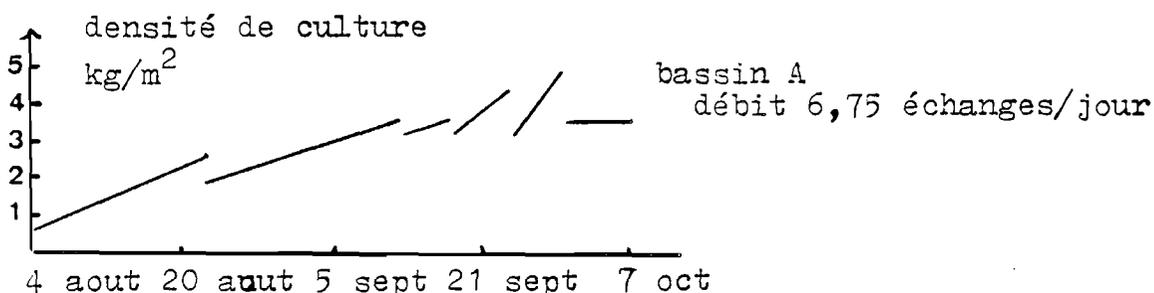
45	36	22	50	production g/m ² /jour
2.9	18	36		concentration μM NO ₃
2.25	4.5			débit échanges/j
←—————→				filtre neutre

figure 3. courbe de croissance de *H. musciformis*, souche Rockaya cultivé en 1981



65	253	308	216	206	production g/m ² /jour
17	34	51	69	103	concentration μM NO ₃
←—————→					filtre neutre

figure 4. courbe de croissance de *H. musciformis*, souche Myriam cultivé en 1982



97	82	100	150	340	14	production g/m ² /jour
13	26	34	51	69		concentration μM NO ₃
←—————→						filtre neutre

figure 5. courbe de croissance de *H. musciformis*, souche Aminata cultivé en 1982

+ les discontinuités dans les courbes correspondent à des prélèvements

Experiences de l'été 1982

- concentration en NO_3

Dans les bassins A et F les performances de production ont augmenté proportionnellement à la concentration en NO_3 . Cette dernière n'a pas dépassé $69,2\mu\text{M}$ dans le bassin A.

Une baisse de production de H. musciformis a été observé dans le bassin F lorsque la concentration en NO_3 est passée de $69,4\mu\text{M}$ à $103,8\mu\text{M}$. Celle ci ne peut pas avoir été due à l'augmentation de NO_3 dont l'effet n'a pu se manifester que après quelques jours de latence coïncidant avec l'arrivée du mauvais temps le 30 septembre (figure 4).

La concentration optimale en NO_3 pour une production maximale est donc supérieure ou égale à $69,4\mu\text{M}$, sans que l'on puisse se prononcer sur l'effet d'une concentration de $103,8\mu\text{M}$.

- densité de culture

La plus forte densité de culture testée a été de $6,5\text{ kg/m}^2$ dans le bassin F et correspond au maximum de production de H. musciformis (figure 4). Ceci montre que la densité optimale de culture de cette espèce doit être supérieure ou égale à cette valeur.

- taux de renouvellement de l'eau de mer

Le bassin F recevant un débit de 4,5 échanges /jour a permis une production de $308\text{ g/m}^2/\text{jour}$ sensiblement égale à celle du bassin A recevant 5,75 échanges/jour et avec une concentration en engrais presque identique.

Discussion

Parmi les souches de H. musciformis cultivées, seules les souches provenant du Senegal ont donné des résultats satisfaisants. Les souches corses semblent souffrir d'une déficience dans leur métabolisme azoté à partir du milieu de l'été dans leur habitat d'origine, et disparaissent pendant l'hiver. L'addition de nitrate dans le milieu de culture ne fait que retarder le processus.

La production de $340\text{ g/m}^2/\text{jour}$, obtenue à partir de H. musciformis fin septembre, aurait sans doute pu être améliorée si une densité de culture suffisante avait été disponible début juillet au moment de la plus forte insolation. Si l'on considère

que de petites améliorations dans les conditions de culture ont permis de multiplier par 7 les performances de production entre 1981 et 1982, on peut penser que la détermination des paramètres optimaux de croissance doit permettre d'améliorer encore grandement ces résultats.

L'hypothèse suivante pourrait permettre de franchir le seuil de rentabilité économique.

Des recherches sur la composition en engrais pourraient permettre de multiplier par 3 les performances de production actuelles, et de diviser par 2 le débit en eau nécessaire. Dans ces conditions 5 hectares de bassins permettraient de produire 1425 tonnes de H. musciformis en poids sec, devenant rentable au prix de 3 francs le kilo.

Conclusion

Au cours de ces expériences, il a été montré que l'on pouvait cultiver pendant l'été en Corse à la fois une algue tropicale, le Hypnea musciformis, et une algue d'eaux tempérées, le Chondrus crispus. La production de 340 g/m²:jour en poids frais obtenue à partir de H. musciformis provenant du Sénégal constitue une performance proche des meilleurs résultats publiés dans le monde, à notre connaissance, pour des algues de ce type(3). Il reste à savoir si une telle espèce peut supporter les conditions hivernales corses. Les tentatives de cultiver H. musciformis d'origine corse ont échouées. Il semble que ces algues pendant la deuxième partie de l'été présentent des déficiences de leur métabolisme azoté entraînant leur disparition pendant l'hiver.

Remerciements : Ces recherches ont été financées par la société IRANEX. Je remercie Mlle Isabelle RICHARD pour son aide et ses encouragements.

References :

1. HUGHENIN J.E. An examination of problems and potentials for future large scale intensive seaweeds culture systems. *Aquaculture* , 1976, 9, 313 - 342
2. Lewin J. Silicon metabolism in Diatoms. GeO₂ , a specific inhibitor of Diatom growth. *Phycologia*, 1966, 6 (1) , 1-12
3. Lapointe B.E. and Ryther J.H. Some aspects of the growth and yield of *Gracilaria tikvahiae* in culture. *Aquaculture*, 1978, 15, 185-193.

UTILISATION DES VÉGÉTAUX AQUATIQUES FLOTTANTS DANS L'ÉPURATION TERTIAIRE DES EAUX USÉES DOMESTIQUES

Eric MOUGIN

HYDRO-M, 39, rue Croix Baragnon 31000 TOULOUSE

INTRODUCTION : Les plantes aquatiques flottantes sont susceptibles d'offrir de nombreux avantages dans l'épuration tertiaire des eaux usées domestiques (1), (6).

Les Lentilles d'eau (Lemnaceae) d'origine locale et les Jacinthes d'eau (*Eichhornia crassipes*) d'origine tropicale sont parmi les végétaux présentant les plus fortes potentialités épuratoires en raison de leur productivité extrêmement élevée et de leur aptitude à assimiler de larges quantités d'éléments minéraux (2), (3), (5).

En outre, leur récolte ne pose pas de problèmes particuliers et l'utilisation ultérieure de la biomasse végétale ainsi produite, peut être envisagée dans de nombreuses filières de valorisation(4).

Les expérimentations que nous menons actuellement ont pour objet de définir les productivités spécifiques des deux plantes concernées, ainsi que l'assimilation des composés azotés et phosphorés au cours d'un cycle annuel.

MATERIEL ET METHODES : Les bassins expérimentaux d'une surface totale de 75 m², sont situés à l'aval de la station d'épuration municipale de la ville de Toulouse (usine classique à boues activées, traitant 400 000 équivalent habitant).

Le flux journalier est d'environ 15 m³, ce qui permet un renouvellement quotidien du volume expérimental.

Par ailleurs, les paramètres de l'environnement (températures, insolation,...) sont enregistrés en continu de manière à établir, par la suite, une corrélation productivité/climatologie.

RESULTATS : Durant l'été 1982, les jacinthes d'eau ont présenté les valeurs les plus fortes avec une productivité moyenne de 21,2 g de matière sèche/m²/jour.

La productivité des Lemnacees est toujours restée très inférieure.

La valeur maximale relevée sur une population de *Lemna minor* ne dépasse pas 8 g de matière sèche/m²/jour.

En conséquence, l'assimilation des composés azotés et phosphorés est maximale chez la Jacinthe d'eau, bien que l'analyse des tissus montre que les concentrations les plus élevées sont atteintes chez les Lemnacees.

Pour une charge inférieure à 150 mg/l de DCO, 80 mg/l de DBO₅, 50 mg/l d'azote Kjeldhal et 30 mg/l de phosphore PO₄, les résultats sont les suivants :

	Productivité en g MS/m ² /jour	Assimilation en g/m ² /j	
		N Kjeldhal	Phosphore PO ₄
Jacinthe d'eau	21,2	1	0,2
Lemna minor	8	0,5	0,1

DISCUSSION : Les Jacinthes d'eau présentent manifestement des potentialités intéressantes dans l'épuration complémentaire des eaux préalablement traitées, durant la phase estivale.

En période hivernale, leur efficacité épuratrice ne peut être maintenue que par la mise en oeuvre de techniques sophistiquées de culture (couverture type serre horticole, chauffage, éclairage artificiel). Néanmoins, son emploi peut s'avérer intéressant tout au long de l'année en raison des nombreuses valorisations de la biomasse végétale qui pourront être employées. A ce titre, dans la région Toulousaine et sur le site même de la station d'épuration, des expérimentations portant sur l'alimentation des volailles et des porcs, ainsi que sur le compostage, sont actuellement en cours. Par la suite, d'autres filières de valorisation (extraction de protéines, méthanisation) pourront être expérimentées.

BIBLIOGRAPHIE :

1. BOYD, 1970 : Vascular aquatic plants for mineral nutrient removal from polluted waters.
Economic Botany, 24, pp. 95 - 103.
2. BUSK (De) et al, 1981 : Effects of seasonality and plant density on the productivity of some freshwater macrophytes.
Aquatic Botany, 10 (2), pp. 133 - 142.
3. COPELLI et al, 1982 : Rimozio di azoto e fosforo da acque reflue di allevamenti suinicoli mediante fitodepurazione.
Atti. II Seminario Rimozione Ne P - Quad. Ist. Ric. Acque (60).
4. CULLEY, 1913 : Use of duckweeds for waste treatment and animal food.
Journal of water pollution control, 45 (2), pp. 337 - 347.
5. HYDRO-M, 1982 : Premier rapport d'expérience concernant l'utilisation des lemna-cées dans l'épuration tertiaire des eaux.
Contrat Ministère de l'Environnement.
6. WOLVERTON, 1979 : Upgrading facultative wastewater lagoons with vascular aquatic plants.
Journal WPCF, vol 51 (2), pp. 305 - 313.

FLUORESCENCE ET PRODUCTIVITÉ DU PHYTOPLANCTON

J. NEVEUX* & H. JUPIN**

* Laboratoire ARAGO, Université Pierre et Marie Curie, 66650 BANYULS-SUR-MER

** Laboratoire de Biologie Végétale, Université de Perpignan, Avenue de Villeneuve, 66025 PERPIGNAN CEDEX

INTRODUCTION.

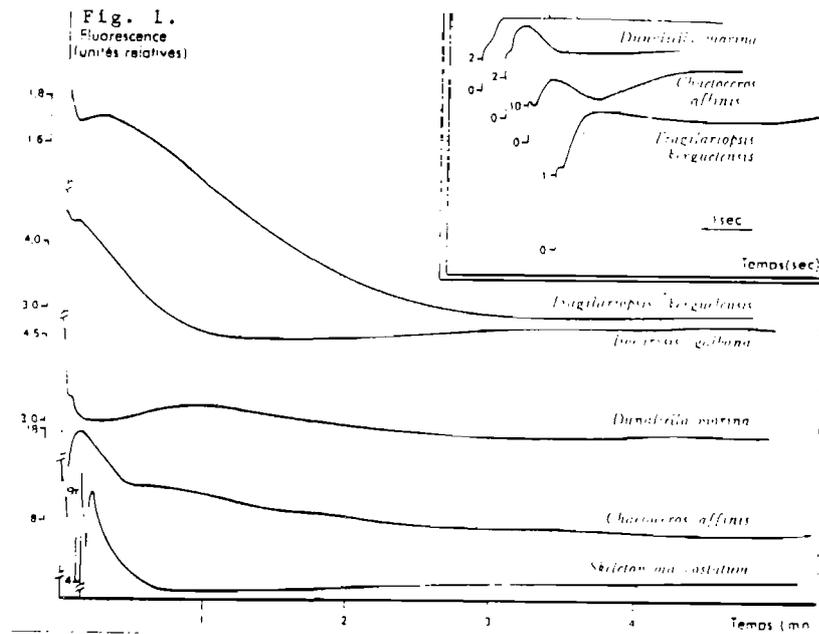
Tout végétal chlorophyllien, préalablement adapté à l'obscurité, puis brutalement éclairé, présente, en fonction du temps d'éclairement, des variations dans le rendement de fluorescence de sa chlorophylle. Ces variations ou cinétique d'induction (ou "effet Kautsky") se caractérisent par deux oscillations principales, l'une rapide O-I-D-P-S qui dure 1 à 2 secondes, l'autre lente S-M-T qui dure 1 à plusieurs minutes (ex : Chaetoceros affinis ; Fig. 1). Elles sont en relation avec des modifications d'activité dans le transfert électronique photosynthétique et dans la réduction de CO₂ au niveau du cycle de Calvin (cf : synthèse de Govindjee et Papageorgiou, 1971). Elles ont essentiellement servi à analyser les mécanismes primaires de la photosynthèse et à tester les modèles photosynthétiques. Récemment, nous avons émis l'hypothèse que celles-ci pouvaient également constituer un indicateur de l'état physiologique et de la productivité potentielle du phytoplancton (Neveux et Jupin, 1981).

MATERIEL ET METHODES.

Un dispositif de mesure original a été construit au Laboratoire Arago et permet d'enregistrer les cinétiques d'induction de populations algales dont la concentration en chlorophylle est supérieure à 0,1 µg/l. Cette étude a été réalisée essentiellement sur des communautés naturelles de Méditerranée et sur diverses algues planctoniques cultivées en milieu f/10 (Guillard et Ryther, 1962).

RESULTATS.

Des études en culture permettent de mettre en évidence différents facteurs susceptibles d'expliquer au moins une partie des variations observées dans les cinétiques d'induction des communautés naturelles. Ce sont par exemple,

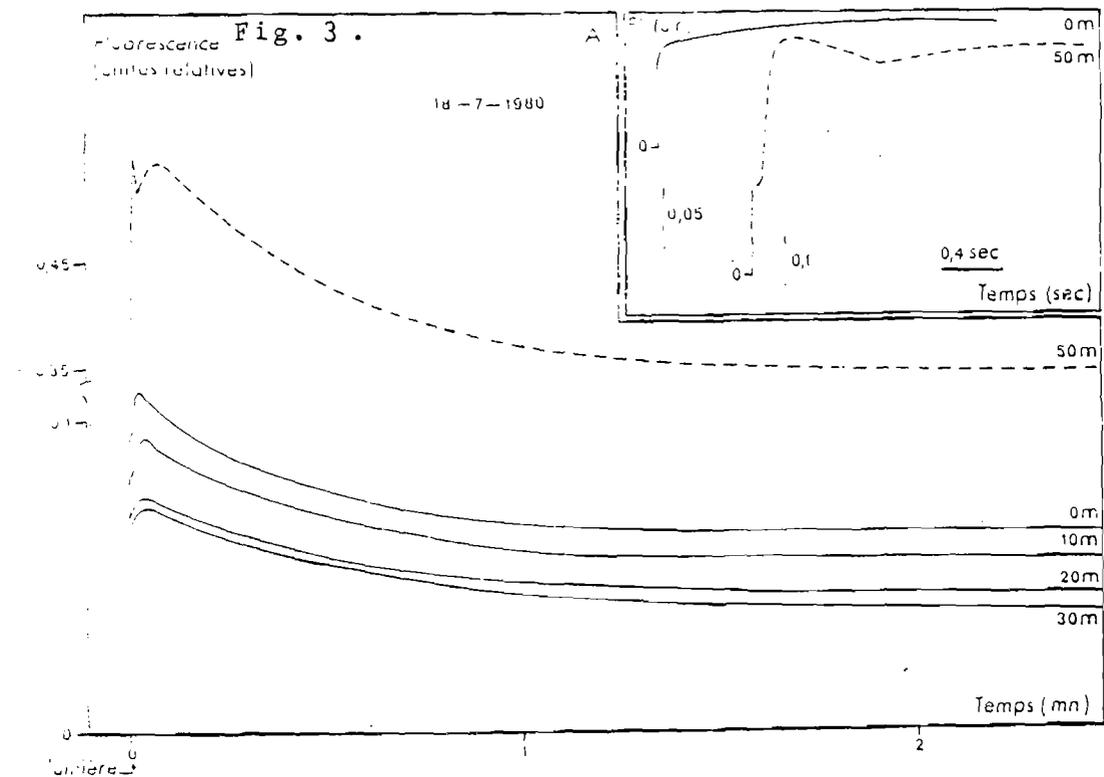
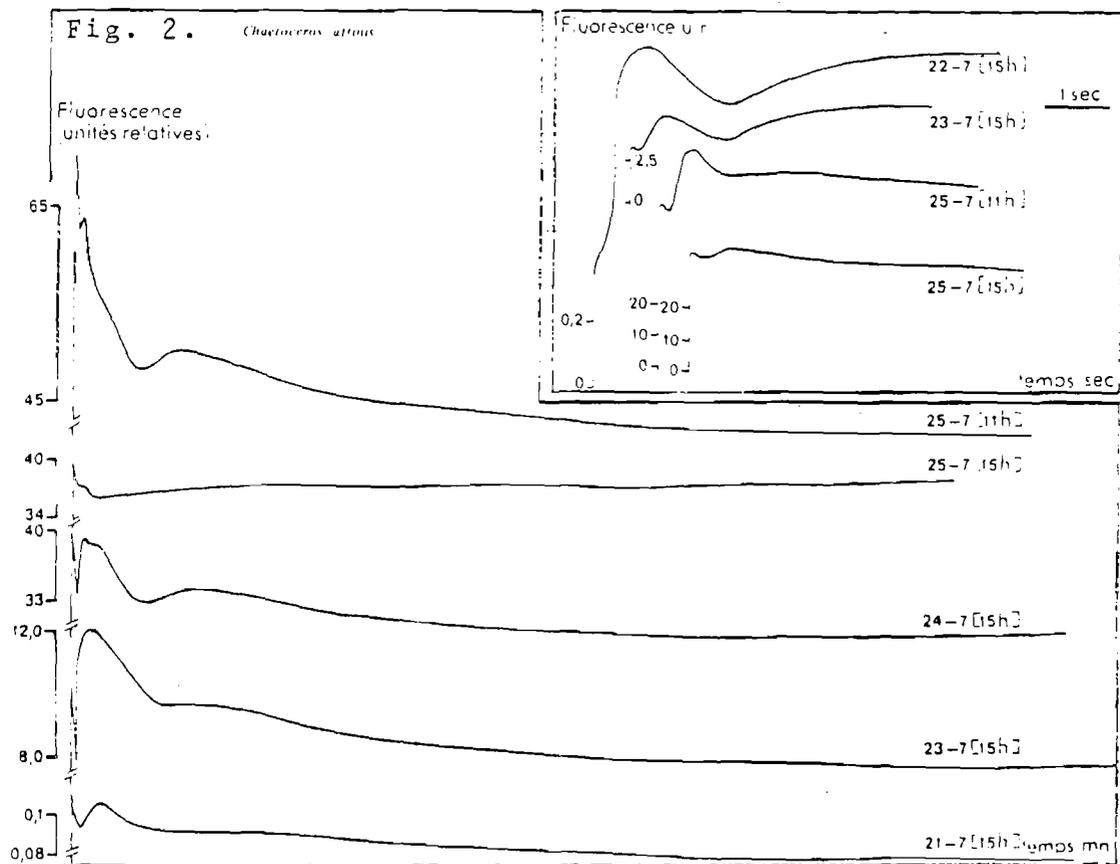


l'appartenance taxonomique des algues (Fig. 1), la phase de croissance de la culture (Fig. 2), une perturbation du milieu tel qu'un apport de Hg^{++} (Jupin et Neveux, 1981), la lumière, etc...

En période estivale, en Méditerranée, on constate d'un point de vue hydrologique l'existence d'une thermocline marquée vers 20-30 m de profondeur. Au-dessous de la thermocline (Fig. 3), où les réserves nutritives sont relativement abondantes, les cinétiques rappellent fortement celles de Chaetoceros affinis en phase exponentielle de croissance. Au-dessus de la thermocline où les sels nutritifs sont épuisés, les variations rapides de la cinétique sont moins marquées indiquant un dynamisme moins important des communautés. D'un point de vue quantitatif et dans certaines conditions, la différence de fluorescence entre les niveaux M et T de la cinétique apparaît bien corrélée à la production primaire mesurée par l'incorporation du bicarbonate marqué au ^{14}C (Neveux, 1982).

DISCUSSION ET CONCLUSION.

L'enregistrement des cinétiques d'induction apparaît donc comme un moyen rapide d'acquérir un certain nombre de données qualitatives et quantitatives permettant de caractériser l'activité et l'état physiologique du phytoplancton. Pour mieux comprendre la signification de ces données en milieu naturel, il convient maintenant de réaliser un maximum de mesures dans des zones à caractéristiques écologiques variées en liaison



avec le plus grand nombre de paramètres physico-chimiques et biologiques classiquement déterminés en océanographie.

D'autres éléments d'information sur la composition et l'activité des systèmes photosynthétiques peuvent être atteints par l'analyse approfondie des premières centaines de millisecondes de la cinétique, soit en présence ou en absence de DCMU (3-(3,4-dichlorophényl)-1,1-diméthylurée). Le DCMU est un herbicide qui inhibe le transfert électronique photosynthétique.

Enfin, la cinétique d'induction semble pouvoir rendre de grands services dans certaines applications telle que la détection de polluants limitant ou inhibant la production primaire dans les eaux particulièrement exposées, le maintien d'une population algale dans des conditions de multiplication élevée, nécessaire à un bon rendement de l'aquaculture.

- BIBLIOGRAPHIE -

- GUILLARD R.R.L. et J.H. RYHER, 1962.- Studies of marine planktonic diatoms. I. Cyclotella nana Hustedt and Detonula confervacea (Cleve) Gran. Can. J. Microbiol. 8 : 229-239.
- GOVINDJEE et G. PAPAGEORGIOU, 1971.- Chlorophyll fluorescence and photosynthesis : fluorescence transients. In Photophysiology, Vol. VI, pp. 1-46. Ed. Giese A.C., Academic Press, New-York.
- JUPIN H. et J. NEVEUX, 1981.- L'émission de fluorescence par la chlorophylle in vivo, une nouvelle technique pour l'océanographie. 106e Congrès nat. Soc. savantes, Perpignan, sciences II, 31-37.
- NEVEUX J., 1982.- Pigments du phytoplancton. Composition et activité photochimique des chlorophylles. Signification écologique de la fluorescence in vivo de la chlorophylle a. Thèse Doct. Etat, Univ. P. et M. Curie, Paris VI, 146 p.
- NEVEUX J. et H. JUPIN, 1981.- Une approche vers l'estimation de la production potentielle du phytoplancton par analyse des cinétiques d'induction de fluorescence. Mar. Biol., 63 : 13-21.

ACTIVITES ANTIBACTÉRIENNES ET ANTIFONGIQUES
D'ALGUES MARINES SUBANTARCTIQUES ET MÉDITERRANÉENNES

François NICOD*, René DELÉPINE**, Jacqueline VAQUETTE* & Jean-Pierre CHAUMONT***

*Laboratoire de Pharmacognosie, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Place Saint-Jacques
25030 BESANÇON CEDEX

** Biogéographie et Ecologie Benthiques, B.V.M. 7, quai Saint Bernard Université
Pierre et Marie Curie 75230 PARIS CEDEX 05

*** Laboratoire de Botanique et de Cryptogamie, Faculté de Médecine et de Pharmacie,
Place Saint Jacques 25030 BESANÇON CEDEX

INTRODUCTION

Le but de notre étude est de contribuer à une meilleure connaissance des Algues en tant que matières premières d'intérêt thérapeutique.

Notre premier objectif est de sélectionner, parmi les Algues étudiées, celles pouvant présenter une activité antibactérienne ou antifongique, puis, dans un second temps, d'isoler et d'étudier les substances responsables de ces activités.

Nous avons travaillé sur trois espèces subantarctiques (*Macrocystis pyrifera* (Turn.) Ag., *Durvillea antarctica* (Cham.) Hariot, et *Ptilonia magellanica* (Montagne) J. Ag. et sur une espèce méditerranéenne (*Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux).



MATERIEL ET METHODES

1. Matériel algal

L'étude a porté sur les organes suivants : folioles et stipes de *Macrocystis pyrifera* (17,2 g et 21,6g en poids sec), lanières de *Durvillea antarctica* (35,6 g), thalles végétatifs et fertiles (tétraspores) de *Ptilonia magellanica* (5,4 et 3,3 g), et thalles végétatifs non fertiles d'*Hypnea musciformis* (78,8g).

2. Matériel bactérien et fongique

Les tests ont été effectués avec trois germes bactériens (*Pseudomonas aeruginosa* B 76110, *Escherichia coli* B 7624, *Staphylococcus aureus* B 7625), sur cinq champignons phytopathogènes (*Cytospora* sp. Be. Pharm. 4012, *Fusarium oxysporum* Be. Pharm. 4004, *Graphium ulmi* Be. Pharm. 4037, *Rhizoctonia solani* Be Pharm. 4007, *Stereum purpureum* Be. Pharm. 4094), et sur deux champignons pathogènes de l'Homme (*Candida albicans* Be. Pharm. 3001, *Aspergillus fumigatus* Be. Pharm. 2035).

3. Expérimentation

Les échantillons d'Algues lyophilisées ont été broyés et les poudres ainsi obtenues ont été extraites à froid par lixiviation, successivement par quatre solvants de polarité croissante (cf tableaux). Pour chaque solvant, le volume utilisé correspond à dix fois le volume occupé par la poudre.

Les extraits secs obtenus sont repris par une quantité minimale de chloroforme, et les disques de cellulose de 6 mm de diamètre sont alors imprégnés à deux reprises par 50 µl des solutions chloroformiques ; le solvant est évaporé à température ambiante. La quantité d'extrait sec déposé sur les disques de cellulose est de 1 cg, sauf pour l'extrait étheré de *Ptilonia magellanica* qui est de 0,3 g .

RESULTATS

Macrocystis pyrifera et *Durvillea antarctica* n'ont présenté aucune activité. *Hypnea musciformis* s'est avéré inactif vis-à-vis des sept souches fongiques.

Les activités observées sont résumées dans les tableaux suivants. Les chiffres indiqués représentent les diamètres d'inhibition en mm.

ACTIVITES ANTIBACTERIENNES	<i>Hypnea musciformis</i>			<i>Ptilonia magellanica</i> végétatif ou fertile (1)		
	Pseud. aer.	Esch. coli	Staph. aur.	Pseud. aer.	Esch. coli	Staph. aur.
chloroformique	-	-	8	-	23	30
éthéré	-	-	8	-	-	24
butanolique	8	-	12	-	10	15
méthanolique	8	-	9	-	13	23

ACTIVITES ANTIFONGIQUES	Nature de l'extrait	Cyto. sp.	Fusa. oxys.	Graph. ulm.	Rhizo. sola.	Ster. purp.	Cand. alb.	Asper. fum.
<i>Ptilonia magellanica</i> végétatif et fertile (1)	chloroformique	11	17	21	12	8	52	23
	éthéré	-	-	-	-	-	23	9
	butanolique	-	-	-	-	-	19	-
	éthanolique	-	9	9	10	9	36	12

(1) Les résultats sont identiques pour les échantillons végétatifs ou fertiles (tétraspores).

DISCUSSION

La faible activité antibactérienne d'*Hypnea musciformis*, qui confirme les résultats obtenus (1,2), semble due à l'ensemble des produits présents dans les extraits. Parmi ceux-ci, le 22-déhydrocholestérol, déjà mis en évidence (3), et isolé de cet échantillon, présente une très légère activité (inhibition de 8 mm sur *Staphylococcus aureus*).

Les inhibitions obtenues avec les extraits de

Ptilonia magellanica sont particulièrement nettes, autant vis-à-vis des souches bactériennes que fongiques.

Ces propriétés antimicrobiennes avaient déjà été signalées pour *Ptilonia australasica*, et les substances responsables, identifiées. Il s'agit de polyhalobuténones, de polyhaloocténones et de pyrones (4,6).

Pour *Ptilonia magellanica*, des propriétés antifongiques avaient été signalées seulement vis-à-vis de *Candida albicans* et d'*Aspergillus fumigatus* (5,6,4), mais n'avaient jamais été démontrées auparavant vis-à-vis de champignons phytopathogènes. *Ptilonia magellanica* fera donc l'objet d'une étude plus approfondie, afin d'identifier les principes responsables de son activité.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) CACCAMESE S., AZZOLINA R. (1979) ; Screening for Antimicrobial Activities in Marine Algae from Eastern Sicily ; Planta Med., 37, 333-339.
- (2) FASSINA G., BERTI T. (1962) ; Ricerche sulle proprietà antibiotiche di alghe della costa veneziana ; Arch. Ital. Sci. Farmacol., 12, 238-246.
- (3) FATTORUSSO E., MAGNO S., SANTACROCE C., DONATO S. and IMPELLIZZERI G., MANGIAFICO S., ORIENTE G., PIATELLI M., SCIUTO S. (1975) ; Stérols of some red algae ; Phytochem., 14, 1579-1582.
- (4) KAZLAUSKAS R., LIDGARD R.O., WELLS R.J. (1978) ; New polybrominated metabolites from the red alga *Ptilonia australasica* ; Tetrahedron Lett., 34, 3165-3168.
- (5) Mc CONNELL O. and FENICAL W. (1977) ; Halogen Chemistry of the red alga *Asparagopsis* ; Phytochem., 16, 367-374.
- (6) Mc CONNELL O. and FENICAL W. (1979) ; Antimicrobial Agents from Marine Red Algae of the Family Bonnemaisoniaceae ; in: Marine Algae in Pharmaceutical Science, Walter de Gruyter, Berlin, 403-427.

ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS ANTIBACTÉRIENNES ET ANTIFONGIQUES
DE QUELQUES ALGUES MARINES DE LA CÔTE DES ALPES MARITIMES

D. PESANDO* & B. CARAM**

* Unité INSERM 216, Laboratoire de Physique et Chimie marines, B.P. n° 8
06230 VILLEFRANCHE-SUR-MER

** Laboratoire de Protistologie marine, Station Zoologique, 06230 VILLEFRANCHE-SUR-MER

Depuis des temps immémoriaux l'homme a su exploiter les ressources de la Mer. Les propriétés alimentaires et industrielles de plusieurs espèces de macrophytes benthiques sont déjà assez bien connues. Plus récemment de nombreux auteurs se sont appliqués à rechercher de façon systématique, chez ces plantes, des composés biologiquement actifs. Quelques travaux concernent plus particulièrement les propriétés antimicrobiennes de certaines algues. Dans la région méditerranéenne, ils sont dûs, notamment, à S. Caccamese et al. en Sicile (1,2), à L. Codomier et al. sur la côte du Roussillon (3), et à A.F. Khaleafa et al. en Egypte (4).

Nous avons mené le même genre d'investigation dans la région des Alpes Maritimes, en nous limitant presque entièrement à une localité, mais en tenant compte autant que possible des saisons et de l'état physiologique des algues. Ce travail, qui est préliminaire, a porté sur une trentaine d'espèces dont 18 Phéophycées, 10 Rhodophycées et 3 Chlorophycées. Des extraits ethanoliques de ces algues ont été testés vis-à-vis de bactéries Gram + et Gram - ainsi que de champignons pathogènes de l'homme : dermatophytes, levure et moisissures.

Il ressort de ces tests (5) que 11 espèces de macrophytes se sont révélées biologiquement actives. Parmi les Phéophycées : 2 fucales et 1 cutleriale sont antibactériennes, 3 dictyotales sont antifongiques et 2 sporochnales sont à la fois antibactériennes et antifongiques. De même, 3 Rhodophycées, appartenant à 3 ordres différents, manifestent cette double activité (tableau I).

Il nous paraît donc intéressant de souligner que 3 des espèces testées dans la famille des dictyotacées manifestent une activité antifongique spécifique. Notons que ce type d'activité a été peu étudié dans cette famille pourtant riche en produits biologiquement actifs.

TABLEAU I
INHIBITION DE BACTERIES ET DE CHAMPIGNONS PAR LES EXTRAITS
ETHANOLIQUES D'ALGUES MEDITERRANEENNES

ALGUES ACTIVES	BACTERIES																	CHAMPIGNONS				
	Gram +								Gram -													
RHODOPHYCEAE	Bacillus subtilis	Micrococcus luteus	Staphylococcus aureus	Staphylococcus epidermidis	Sarcina lutea	Streptococcus faecalis	Acinetobacter calco aceticus	Enterobacter	Escherichia coli	Flavo bacterium	Klebsiella pneumoniae	Proteus morganii	Proteus mirabilis	Pyogenes	Serratia marcescens	Candida albicans (levure)	Aspergillus fumigatus (moisissure)	Sporothrix schenckii (moisissure)	Microsporium gypseum (dermatophyte)	Microsporium fulvum (dermatophyte)	Trichophyton mentagrophytes (dermatophyte)	
<i>Hypnea musciformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Falkenbergia rufolanosa</i>	+	-	+	++	-	-	++	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	++
<i>Laurencia obtusa</i>	++	-	-	-	++	++	++	+	-	-	-	++	-	-	+	-	-	-	-	-	-	++
PHAEOPHYCEAE																						
<i>Zanardinia prototypus</i>	-	-	+++	+++	+	++	-	++	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dictyota dichotoma</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	+++
<i>Dictyota linearis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	+++	-	-	+++	+++
<i>Dilophus fasciola</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	+	-	-	+++	-
<i>Nereia filiformis</i>	++	-	++	-	++	++	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sporochnus pedunculatus</i>	++	++	++	++	++	++	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	++	-	-	-	++
<i>Cystoseira stricta</i>	-	-	++	++	++	++	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cystoseira compressa</i>	-	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-	+	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-

+ 2 mm ++ 2 à 5 mm +++ 5 à 12 mm

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 - CACCAMESE S. and R. AZZOLINA. 1979. Screening for antimicrobial activities in marine algae from eastern Sicily. *Planta Medica*, 37, 333-339.
- 2 - CACCAMESE S., AZZOLINA R., FURNARI G., CORMACI M. and GRASSO S. 1981. Antimicrobial and antiviral activities of some marine algae of eastern Sicily. *Botanica Marina*, 24, 365-367.
- 3 - CODOMIER L., BRUNEAU Y., GOMBAUT G. et TESTE J. 1977. Etude biologique et chimique d'*Asparagopsis armata* et *Falkenbergia rufolanosa* (Rhodophycées, Bonnemaisoniales). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 284, 1163-1165.
- 4 - KHALEAFA A.F., KHARBOUSH A.M., METWALLI A., MOHSEN A.F. and A. SERWI. 1975. Antibiotic (fungicidal) action from extracts of some seaweeds. *Botanica Marina*, 28, 163-165.
- 5 - PESANDO D. and B. CARAM. 1984. Screening of some marine Algae from the french mediterranean coast for antibacterial and antifungal activity. *Botanica Marina*, 27, 381-386.

PROPRIÉTÉS ANTIFONGIQUES DE CERTAINES ALGUES PLANCTONIQUES.
CARACTÉRISATION D'UN ANTIFONGIQUE SPÉCIFIQUE ISOLÉ À PARTIR D'UNE DIATOMÉE
MARINE : *CHAETOCEROS LAUDERI* RALFS

D. PESANDO*, M. GNASSIA-BARELLI*, E. GUÉHO*, M. RINAUDO** & J. DEFAYE**

* Unité 216 INSERM, Laboratoire de Physique et Chimie Marines, B.P. 8
06230 VILLEFRANCHE-SUR-MER

** Centre de Recherche sur les Macromolécules Végétales CNRS 53X 38041 GRENOBLE CEDEX

Une étude prospective, conduite sur les extraits aqueux de 48 algues planctoniques a permis de mettre en évidence une activité antifongique significative pour 5 diatomées : *Asterionella notata*, *Chaetoceros lauderi*, *Chaetoceros pseudo-curvisetus*, *Chaetoceros socialis* et *Fragilaria pinnata* (1). Une étude plus complète a été réalisée sur *Chaetoceros lauderi* dont le spectre antibactérien et antifongique apparaît particulièrement intéressant (2).

A partir des cellules cultivées, la purification du composant actif est suivie par des tests d'antibiose. Le produit responsable de l'activité est purifié par ultra-filtration sur membrane Amicon (PM 30), fractionnement sur résine échangeuse d'anions, précipitation par l'éthanol à froid et tamisage moléculaire sur Ultrogel A C A 34 (3). Parmi les tests d'orientation seules les réactions à l'antrone et au réactif carbazole sulfurique se sont révélées positives indiquant une structure glucidique. La présence de groupements sulfate et uronate a pu être mise en évidence par conductimétrie (à raison de 3 groupements ester sulfates pour 2 résidus uroniques (Fig. 1). L'hydrolyse par l'acide trifluoroacétique en tube scellé du polysaccharide ionique (4 mg) suivie de réduction par le borohydrure de sodium et peracétylation de l'hydrolysats total a permis la mise en évidence par chromatographie en phase vapeur (colonne ECSSM, 180°) des constituants monosaccharidiques suivants : arabinose, xylose, mannose, galactose et glucose dans les proportions respectives 12:21:15:25:5 (intégration des surfaces de pics des alditols peracétylés correspondants) (Fig. 2) (4). Des traces de 6-désoxy hexoses du type rhamnose et fucose sont également détectables. Le couplage avec la

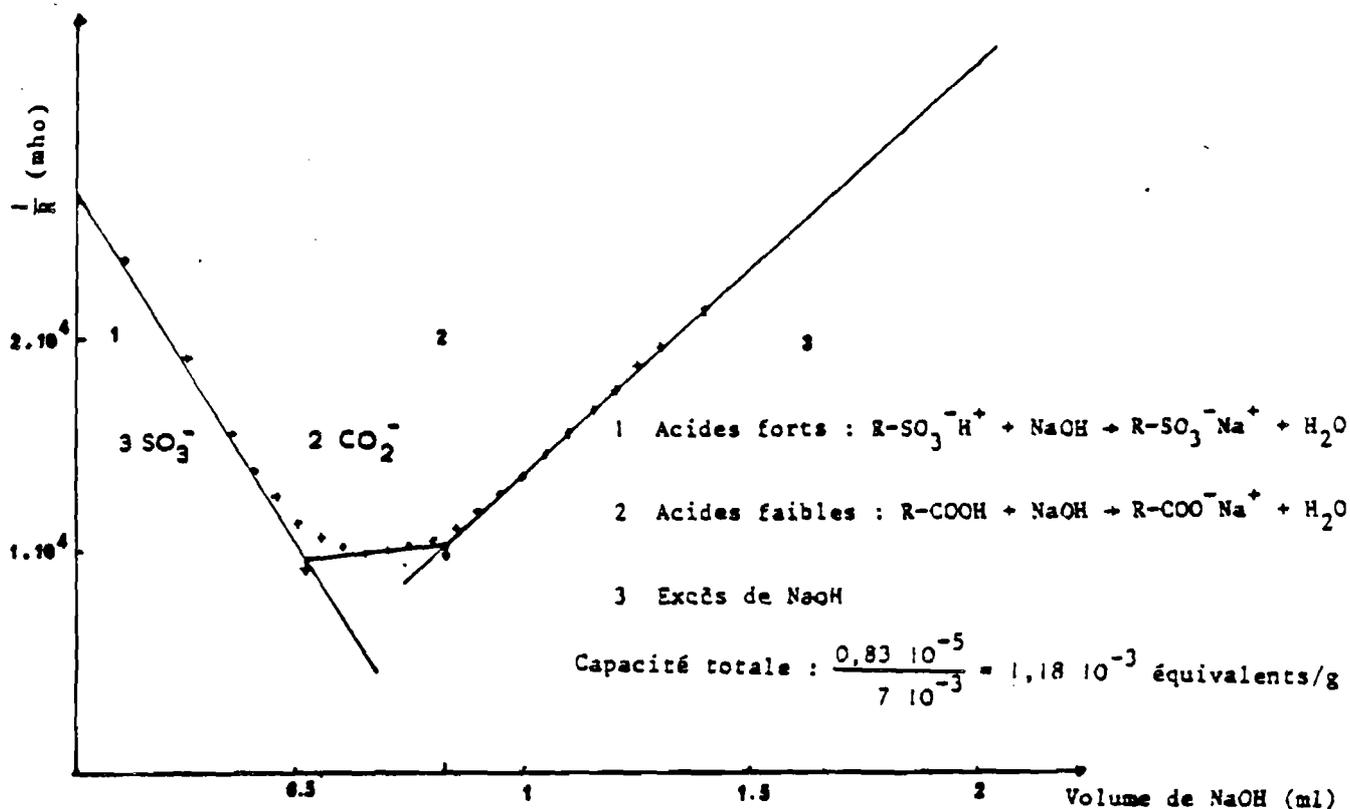


Fig. 1 : Courbe de neutralisation conductimétrique par la soude 0.01 M d'une solution contenant 7 mg de polysaccharide.

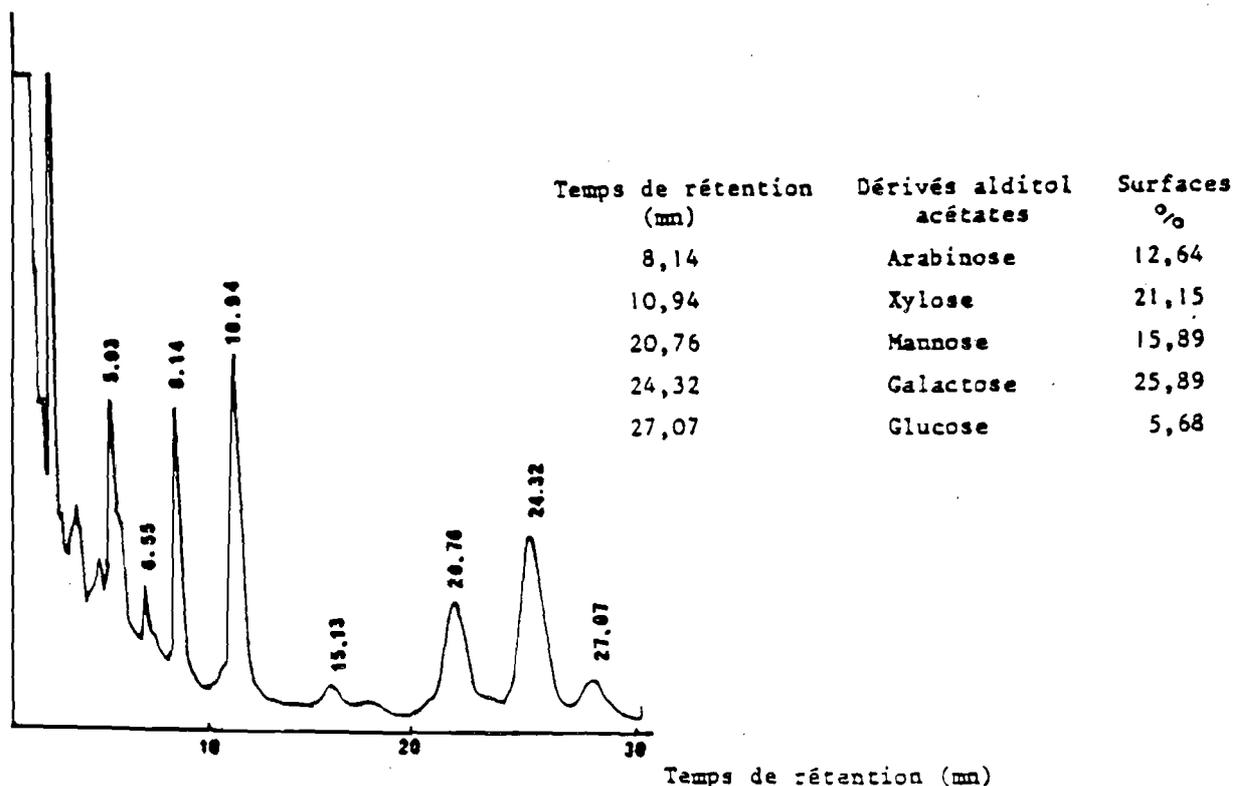


Fig. 2 : Diagramme de chromatographie en phase vapeur du mélange total d'alditol acétates obtenus après hydrolyse du polysaccharide actif de Chaetoceros lauderi suivi de réduction et peracétylation.

spectrométrie de masse (appareil MS 30, AEI, interface à membrane) a confirmé, par les fragmentations séquentielles classiques des hexitols et pentitols peracétates (5), les attributions précédentes.

Les activités antibactériennes et antifongiques sont maintenues lorsque le produit est placé dans une gamme de pH 2,5 - 11,5 ; l'inactivation est obtenue par chauffage à 80°.

- (1) PESANDO D., GUEHO E., GNASSIA-BARELLI M., 1979. Antifungal properties of some marine planktonic algae. Marine Algae in Pharmaceutical Science. Ed. Heinz A., Hoppe...Berlin, New York : de Gruyter, pp. 467-472.
- (2) GUEHO E., PESANDO D. et BARELLI M., 1977. Propriétés antifongiques d'une diatomée Chaetoceros lauderi (Ralfs CC). Mycopathologia, Vol. 60, 2, pp. 105-107.
- (3) PESANDO D., GNASSIA-BARELLI M., GUEHO E., 1979. Partial characterization of a specific antifungal substance isolated from the marine diatom Chaetoceros lauderi (Ralfs CC). Marine Algae in Pharmaceutical Science. Ed. Heinz A., Hoppe ...Berlin, New York : De Gruyter, pp. 447-459.
- (4) PESANDO D., GNASSIA-BARELLI M., GUEHO E., RINAUDO M., DEFAYE J., 1978. Isolement étude structurale et propriétés antibiotiques et antifongiques d'un composant polysaccharidique de la diatomée marine Chaetoceros lauderi (Ralfs CC) (ATP Océanographique Chimique, Actes du Colloque, 7-8 déc. 78) Oceanis, Vol. 5 Hors série 1979-1980, pp. 561-568.
- (5) CHIZHOV O.S., GOLAUKINA L.S. et WULFSON N.S., 1966. Izv. Akad. Nank. SSSR, Ser. Kim., pp. 1915.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE CHIMIQUE DE LA RHODOPHYCÉE *RISSOELLA VERRUCULOSA*

Louis PIOVETTI*, Georges COMBAUT*, Louis CODOMIER*, Jean TESTE*, Salam Abdoul KABORÉ**,
Jean-Pierre VIDAL**, Jean-Pierre GIRARD**, Gabriel CATAYÉE***,
Marcel CHALET*** & Mireille VIGNAUD***

* Groupe de Recherches en Biologie et Chimie des Végétaux Marins, Université de Perpignan
66025 PERPIGNAN CEDEX

** Laboratoire de Chimie Organique Biopharmaceutique, Faculté de Pharmacie de Montpellier
34060 MONTPELLIER CEDEX

*** Laboratoire d'Histologie et d'Embryologie, Faculté de Médecine de Montpellier
34060 MONTPELLIER CEDEX

INTRODUCTION

Dans le cadre de la valorisation des algues de la côte méditerranéenne catalane, nous avons entrepris l'étude de *Rissoella verruculosa* ; le but étant d'une part de caractériser son phycocolloïde et d'en évaluer la teneur, d'autre part d'analyser les métabolites secondaires.

Nous présentons les premiers résultats de l'analyse chimique portant sur les carraghénanes, stérols, acides gras et hydrocarbures.

MATERIEL ET METHODES

Phycocolloïde

- Extraction : l'algue sèche et broyée est extraite à l'eau à reflux pendant une heure. Après centrifugation de l'extrait aqueux, le phycocolloïde est précipité par le propanol-2, filtré, lavé à l'éthanol puis à l'éther et séché à 60°C.
- Analyses : - Le taux en galactose est déterminé par deux méthodes. 1- Chromatographie liquide haute performance (CLHP) après hydrolyse par l'acide sulfurique à 95°C ; colonne inox 25 cm x 4 mm, phase greffée NH₂, éluant acétonitrile-eau 8:2, débit 2 ml/mn, détecteur réfractomètre, facteur de réponse galactose/inositol : 1,13.
- 2- Chromatographie gaz-liquide (CGL) après hydrolyse, réduction et acétylation ;

colonne inox 2 m x 3 mm, 3 % SP 2340 sur supercoport DMCS 100-120 Mesh, à 225°C, N₂ 18 ml/mn, facteur de réponse galactose/inositol : 1,12 (1).

- Le taux en 3,6-anhydrogalactose est déterminé par colorimétrie avec la méthode au résorcinol, le fructose étant utilisé comme référence (2).
- Le taux en sulfates est déterminé par gravimétrie (1).
- Le taux en protéines est déterminé par la méthode de Lowry (3).
- Les spectres infrarouges sont réalisés à partir de films obtenus par séchage d'une solution aqueuse de phycocolloïde sur plaque d'AFCODUR à 80°C.

Métabolites secondaires

- Extraction et séparations : L'algue sèche et broyée est extraite à froid par le dichlorométhane. Une chromatographie de l'extrait chlorométhylénique sur colonne de silice permet d'obtenir les hydrocarbures saturés par élution à l'hexane. Les stérols libres sont isolés à partir du même extrait par chromatographie sur couche mince à l'échelle préparative ; adsorbant : gel de silice ; éluant : pentane-acétate d'éthyle 7:3. La saponification par la potasse méthanolique de l'extrait chlorométhylénique permet d'analyser les stérols totaux, sous forme d'éthers de triméthylsilyle, dans l'insaponifiable et les acides gras, sous forme d'esters de méthyle, dans la fraction saponifiable.

- Analyses : - Chromatographie gaz-liquide (CGL) : 1- colonne verre 6 m x 2,5 mm, 20 % Carbowax 20 M, programmation de 190 à 210°C à raison de 3°C/mn, N₂ 20 ml/mn (acides gras) ; 2- colonne verre 1,10 m x 3 mm, 2 % OV101, programmation de 90 à 250°C à raison de 2°C/mn, N₂ 20 ml/mn (hydrocarbures saturés) ; 3- colonne verre 3 m x 3 mm, 2 % OV1, à 240°C, N₂ 20 ml/mn (stérols).

- Couplage chromatographie gaz-liquide-spectrométrie de masse (CG-SM) : colonne capillaire en verre 10 m, OV1, programmation de 180 à 280°C à raison de 2°C/mn, He 1,4 ml/mn ; SM : potentiel d'ionisation 70 eV (hydrocarbures saturés et stérols).

RESULTATS ET DISCUSSION

Le phycocolloïde de *Rissoella verruculosa*, obtenu par précipitation de l'extrait aqueux dans le propanol-2, représente 50 % du poids de l'algue sèche. Son analyse quantitative donne les résultats suivants : % galactose 27,3 (CLHP), 27,7 (CGL) ; % 3,6-anhydrogalactose 15,2 ; % SO₄²⁻ 17,7 ; % protéines 3,4 ; % cendres 13,5 % humidité 7,2.

Le spectre infrarouge de ce phycocolloïde permet d'identifier le α -carraghénane comme constituant principal (4). Les bandes à 1070 et 940 cm⁻¹ indiquent, en

Tableau I : Acides gras de *Rissoella verruculosa*.

Noms		Acides gras %
A. myristique	C14:0	15,8
A. palmitique	C16:0	43,7
A. palmitoléique	C16:1	3,4
A. stéarique	C18:0	1,5
A. oléique	C18:1	11,1
A. linoléique	C18:2	0,8
A. eicosatriénoïque	C20:3	2,4
A. arachidonique	C20:4	10,8
Non identifiés		10,5

Tableau II : Hydrocarbures saturés de *Rissoella verruculosa*.

Formules	M ⁺	Hydrocarbures %
C ₁₇ H ₃₆	240	68,0
C ₂₇ H ₅₆	380	3,7
C ₂₈ H ₅₈	394	5,9
C ₂₉ H ₆₀	408	5,9
C ₃₀ H ₆₂	422	5,9
C ₃₁ H ₆₄	436	3,4
C ₃₂ H ₆₆	450	1,8
C ₃₃ H ₆₈	464	1,8
C ₃₄ H ₇₀	478	traces
C ₃₅ H ₇₂	492	traces
Non identifiés		3,6

Tableau III : Stérols de *Rissoella verruculosa*.

Noms	M ⁺ (stérols TMS)	Stérols totaux %	Stérols libres %
Cholestérol	458	37,0	57,0
Desmostérol	456	56,0	-
Hydroxy-25-cholestérol	546	0,9	22,1
β-sitostérol	486	1,1	1,8
Brassicastérol	470	3,1	-
Epoxy-24,25-cholestérol	470	0,8	2,3
Cholestadiène-5,25-diol-3,24	544	0,9	15,0
Non identifiés		0,2	1,8

effet, la présence d'unités de 3,6-anhydrogalactose, excluant le λ -carraghénane. Par ailleurs, la bande à 805 cm^{-1} caractéristique du ι -carraghénane est absente du spectre (sulfate-2 fixé sur l'unité 3,6-anhydrogalactose).

Les métabolites secondaires analysés sont issus de l'extrait chlorométhyllé-
nique qui représente 2 % du poids de l'algue sèche. Ce sont : les acides gras (1 %
du poids de l'algue sèche, tableau I), les hydrocarbures saturés (0,1 % du poids de
l'algue sèche, tableau II) et les stérols (0,03 % du poids de l'algue sèche, tableau
III), (5).

Notre étude permet d'ores et déjà de préciser que *Rissoella verruculosa*
est une algue rouge méditerranéenne très riche en un phycocolloïde (50 % du poids de
l'algue sèche) constitué essentiellement de κ -carraghénane. Ce polysaccharide sulfaté,
par son pouvoir gélifiant, présente un grand intérêt dans le domaine de l'industrie
alimentaire.

En ce qui concerne les métabolites secondaires, le taux important en desmos-
téról est à remarquer, de même que la teneur en acides gras et en heptadécane.

RESUME - CONCLUSION

L'étude chimique de la Rhodophycée *Rissoella verruculosa* s'insère dans un
thème général de valorisation des algues méditerranéennes de la côte catalane, tant
au point de vue des constituants majeurs pour leur intérêt dans le domaine de l'in-
dustrie alimentaire, que de celui des métabolites secondaires pour leur activité éven-
tuelle dans le domaine pharmacologique. Nos premiers résultats sont décrits, mettant
en évidence la forte teneur en un phycocolloïde du type κ -carraghénane. Par ailleurs,
l'analyse des métabolites secondaires met l'accent sur la présence du desmostéról et
de l'heptadécane.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Procédé CECA (BAUPTÉ, France).
- (2) YAPHE W. Colorimetric determination of 3,6-anhydrogalactose and galactose in
marine algal polysaccharides. *Anal. Chemistry*, 1960, 32, 1327-1330.
- (3) LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L. et RANDALL R.J. Protein measurement with
the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 1951, 193, 265-275.
- (4) STANCIOFF D.J. et STANLEY N.F. Infrared and chemical studies on algal polysac-
charides. *Proc. Int. Seaweed Symp.*, 1969, 6, 595-609.
- (5) FRANCISCO C., COMBAUT G., TESTE J., TARBACHINI C. et DJERASSI C. Side chain-
hydroxylated sterols of the red alga *Asparagopsis armata* : significant products
or artifacts due to autoxidation ? *Steroids*, 1979, 34, 163-169.

ÉTUDE CHIMIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DE FUCOIDANES
EXTRAITS DE *PELVETIA CANALICULATA*, *FUCUS SPIRALIS*, *FUCUS SERRATUS*,
ASCOPHYLLUM NODOSUM, *BIFURCARIA BIFURCATA* ET *LAMINARIA SACCHARINA*

B. de REVIERS & B. KLOAREG

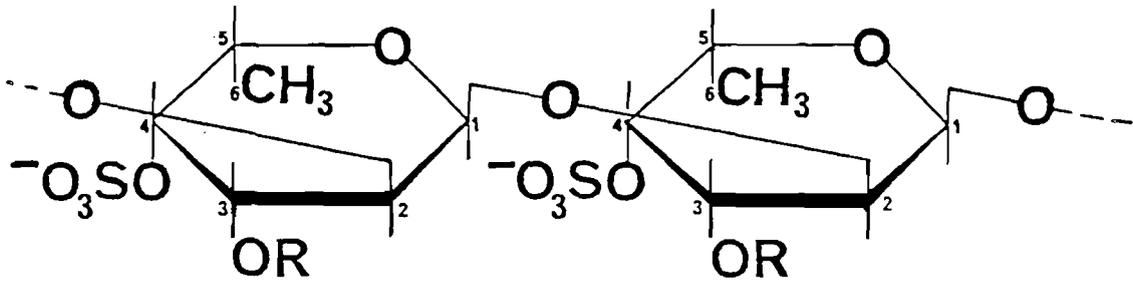
Centre d'études Océanographiques et de Biologie Marine, CNRS (LP 4601), 29211 ROSCOFF

Les propriétés anticoagulantes des fucoïdanes des algues brunes ont été mises en évidence dès 1941 par KIMURA (1). Parmi les travaux consacrés depuis à ce sujet, ceux de BERNARDI et de SPRINGER (2, 3) et, plus récemment, ceux de USUI *et al.* (4), font apparaître que les propriétés anticoagulantes des fucoïdanes varient en fonction de l'espèce, mais aussi du procédé de fractionnement utilisé.

Afin de tester les possibilités d'utilisations pharmacologiques des fucanes des Phéophycées, nous avons purifié et caractérisé du point de vue physico-chimique, des fucoïdanes extraits de résidus industriels (Société GOËMAR), pour quatre Fucales (*Pelvetia canaliculata* Dcne. et Thur., *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, *Fucus serratus* L. et *Bifurcaria bifurcata* Ross) et une Laminariale (*Laminaria saccharina* Lamouroux). Ces fucoïdanes "résidués" ont été comparés à des fucoïdanes préparés à partir de l'intégralité des thalles des mêmes espèces. Parallèlement, nous avons entrepris l'étude d'éventuelles variations saisonnières quantitatives ou qualitatives des fucoïdanes chez ces cinq espèces, ainsi que chez *Fucus spiralis* L.

Ces travaux confirment l'idée, désormais généralement admise, que les algues brunes sont d'autant plus riches en fucoïdanes qu'elles sont situées à un niveau élevé dans l'estran (5-7), et que la teneur en fucoïdanes des thalles ne varie pas de façon significative au cours de l'année (5). De plus, d'un point de vue qualitatif il apparaît, au moins pour les teneurs en fucoïdanes et en radicaux semi-ester sulfuryle, que la composition des extraits obtenus ne varie pas au cours de la période étudiée, mais qu'ils sont progressivement moins riches en fucoïdanes et en sulfate, et plus riches en acides uroniques, au fur et à mesure qu'on descend vers l'étage infralittoral (Figure 1).

Par ailleurs, il semble que lorsqu'on soumet les thalles à



R : SO_3^- , H, ose neutre ou uronique.

Fig. 1 - Structure idéalisée du fucoïdane.

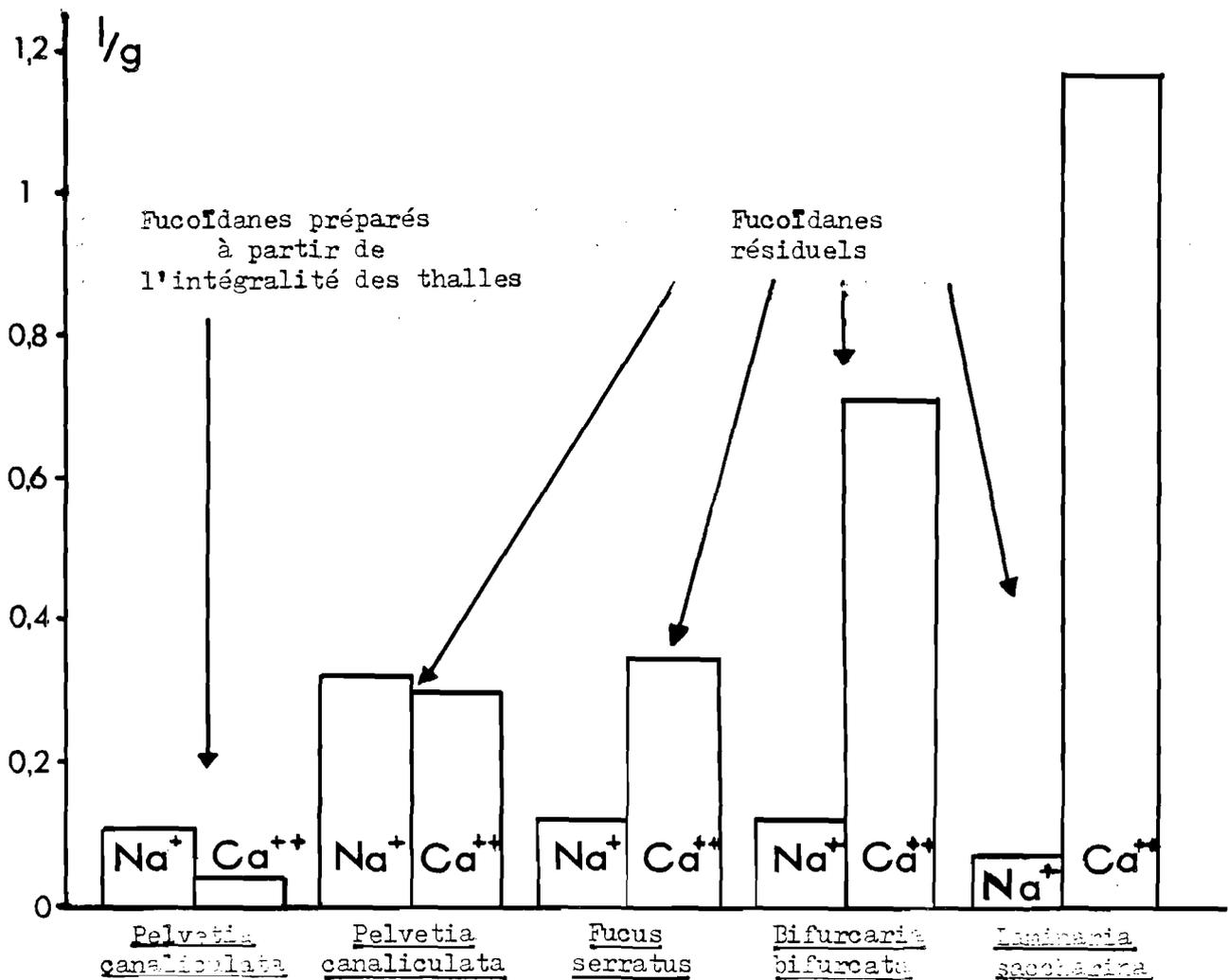


Fig. 2 - Viscosités spécifiques de fucoïdanes purifiés, sous forme Na^+ et Ca^{++} , pour des concentrations d'environ 5g/l, à 37,5 °C.

une série prolongée d'extractions acides, les premiers fucoïdanes extraits sont qualitativement différents de ceux qui sont libérés en fin d'extraction, tant du point de vue chimique que physico-chimique. Ainsi, dans le cas de *Ascophyllum nodosum*, le rapport molaire du sulfate au fucose est 1,23 pour les fucoïdanes préparés à partir de l'intégralité des thalles et 3,70 pour les fucoïdanes résiduels. De même, dans tous les cas étudiés, la viscosité des fucoïdanes résiduels sous forme calcique est supérieure ou égale à celle des fucoïdanates de sodium correspondants, alors que des observations antérieures (8) indiquaient le contraire pour des fucoïdanes préparés à partir de l'intégralité des thalles de *Pelvetia canaliculata*. Par exemple, la viscosité spécifique d'un fucoïdane résiduel de *Laminaria saccharina* est environ quinze fois plus élevée pour les formes calciques que pour les formes sodiques (Figure 2).

Bien qu'incomplètes, ces données préliminaires, en liaison avec d'autres résultats (9), semblent indiquer que la dispersion des fucoïdanes entre des homofucanes très sulfurylés et des xylo-galactoglucuronofucanes plus pauvres en fucose et en sulfate (10), correspond à des différences de localisation dans le thalle entre des polyosides participant à la structure des parois et des polyosides secrétés vers les espaces intercellulaires. L'hypothèse d'une telle distinction mérite d'être approfondie, car, au plan pharmacologique, les fucoïdanes pariétaux n'ont pas nécessairement les mêmes propriétés hémostatiques que les fucoïdanes intercellulaires.

Remerciements : Ce travail a fait l'objet d'un contrat avec la société GOEMAR (Saint-Malo). Il a été partiellement réalisé en collaboration avec les laboratoires des Echanges Cellulaires (LA 203), Université de Haute-Normandie, Mont-Saint-Aignan, et de Physiologie Végétale, Université de Bretagne Occidentale, 29200, Brest.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) KIMURA, J., Studies on the substances of antibloodcoagulation activity in marine algae, IV, in *Laminaria japonica*.
Hokkaido Igaku Zashi (Acta Medica Hokkaidonensia), 1941, 19, 427-436.
- (2) BERNARDI, G. and SPRINGER, G.F., Properties of highly purified fucans,
J. Biol. Chem., 1962, 237, 75-79.
- (3) SPRINGER, G.F., WURZEL, H.A., Mc NEAL, G.M., ANSELL, N.I. and DOUGTHY, M.F., Isolation of anticoagulant fractions from crude fucoïdin.
Proc. Soc. Expt. Biol. Med., 1957, 94, 404-409.
- (4) USUI, T., ASARI, K. and MIZUNO, T., Isolation of highly purified fucoïdan from *Eisenia bicyclis* and its anticoagulant and antitumoral activity.
Agric. Biol. Chem., 1980, 44, 1965-1966.
- (5) BLACK, W.A.P., The seasonal variation in the combined L-fucose content of the common british laminariaceae and fucaceae.
J. Sci. Food Agric., 1954, 5, 445-448.
- (6) De LESTANG, G. et QUILLET, M., Sur la fucoïdine des algues brunes.
Bull. Lab. Mar. Dinard, N.S., 1972, 1, 217-224.
- (7) MYKLESTAD, S. and HAUG, A., The content of polyanionic groups and cation binding in some brown algae.
Proc. Int. Seaweed Symp., 1974 (Pub. 1981), 8, 589-595.
- (8) KLOAREG, B., Contribution à l'étude des propriétés physico-chimiques du fucoïdane de *Pelvetia canaliculata* Dcne. et Thur.
Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Université de Paris XI, Orsay, 1978.
- (9) MABEAU, S. et KLOAREG, B., Analyse chimique comparative de parois isolées de huit espèces d'algues brunes.
Communication au colloque de la Société Française de Physiologie Végétale, 27 novembre 1982, Paris.
- (10) PERCIVAL, E., The polysaccharides of green, red and brown seaweeds : their basic structure biosynthesis and function.
Br. Phycol. J., 1979, 14, 103-117.

PRODUCTION ET UTILISATION DES ALGUES UNICELLULAIRES
POUR L'AQUACULTURE MARINE AU CENTRE OCÉANOLOGIQUE DE BRETAGNE

Jean H. ROBIN

Centre Océanologique de Bretagne, B.P. 337, 29273 BREST CEDEX

INTRODUCTION

En France, l'Aquaculture marine nouvelle a dû s'orienter vers l'élevage des animaux dès l'oeuf. L'alimentation d'animaux très petits, larves et postlarves, n'a pu être résolue autrement qu'avec des aliments vivants. Des aliments inertes micro-particulaires ont pu être utilisés pour des animaux très tolérants vis à vis de la qualité de leur milieu d'élevage. Mais les algues du phytoplancton sont souvent irremplaçables du fait de leur taille et de leur haute valeur nutritive (taux protéique élevé, nutriments essentiels pour les animaux marins). De plus, elles restent vivantes dans les élevages, assurant ainsi un milieu plus sain. Au Centre Océanologique de Bretagne, les différents maillons de la chaîne alimentaire sont reconstitués séparément et les aliments vivants sont fournis aux élevages consommateurs en ration journalière. La fourniture régulière et suffisante, donc une production fiable des algues est la première condition de réussite.

CONDITIONS DE CULTURE DEVELOPPEES AU COB

- Les conditions de culture utilisées ont été exposées par FLASSCH (1978) :
- Cultures unispécifiques non axéniques en eau de mer stérilisée par filtration ;
 - Solution nutritive synthétique de Conway (WALNE, 1966) ;
 - Ambiance artificielle : salle thermorégulée à $19^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, éclairage continu de 500 à 1500 lux par tubes fluorescents type Claude blanc ZS ;
 - Cultures agitées par bullage d'air additionné de 0,5% de gaz carbonique.

Deux types de cultures sont pratiquées :

- Ballons de 20 litres à prélèvement semi-continu (5 litres prélevés chaque jour) ;
- Sacs de polyéthylène permettant des cultures de 40-60 litres non continues avec prélèvements après 5 à 7 jours. Ces techniques permettent l'obtention de cultures à haute densité (jusqu'à 1 g matière sèche/l).

La culture semi-continue permet en outre de maintenir sur de longues périodes une production toujours disponible répondant à des besoins en aval difficilement programmables dans le temps.

UTILISATION DES ALGUES

Une trentaine de souches sont entretenues, appartenant presque toutes au nanoplancton ; en fait, à peine un quart d'entre elles est régulièrement cultivé à des fins d'Aquaculture.

Mollusques

- Pour la coquille Saint Jacques (Pecten maximus) on utilise en routine : Pavlova lutheri, Isochrysis galbana (souche tahitienne), Cylindrotheca et plus occasionnellement Chaetoceros calcitrans et Pseudoisochrysis. Dans le cas de l'ormeau (Haliotis tuberculata), les post-larves broutent les algues tapissant le fond des bacs d'élevage : Pavlova lutheri, Platymonas suecica et Prasinocladus marinus. Les algues préalablement cultivées en volume sont versées dans les bacs d'élevage où elles se déposent et se développent (FLASSCH, 1981). Les deux premières, bien que planctoniques, se prêtent à cette utilisation car elles ont une tendance à s'accrocher aux supports, tandis que Prasinocladus est une souche du microphytobenthos qui peut néanmoins être précultivée à haute densité en volume agité. Sous ce même aspect, des Nitzschia sont utilisables.

Herbivores proies (2ème maillon de la chaîne alimentaire)

Des cultures de Rotifères et d'Artemia sont réalisées pour nourrir les larves de poissons et crustacés. Pour ces cultures, on a fait appel primitivement à une fourniture d'algues (Platymonas suecica) importante en volume. Les algues ont pu être progressivement remplacées par des aliments inertes (PERSON-LE RUYET, 1976, GATESOUBE et ROBIN, 1981). Les algues ne sont plus utilisées maintenant que pour entretenir les souches de Brachionus plicatilis ou pour des essais de nouvelles proies.

Crustacés

Les larves de Penaeus japonicus sont élevées avec Pavlova lutheri pendant le stade Zoë I, puis avec Platymonas suecica seule pendant le reste de la phase Zoë et associées aux animaux proies jusqu'au stade post-larve 4 (LAUBIER-BONICHON et al., 1977).

Poissons

Les larves des principales espèces étudiées au COB peuvent se nourrir directement d'animaux proies. D'autres (daurade, mullet, ...) nécessitent pour leur première alimentation des proies inférieures à celles des petits Brachionus (100 µm). Du phytoplancton de grande taille comme Gymnodinium splendens (50 µm) ou Prorocentrum smicans (35 µm) peut convenir, mais leur élevage fiable à haute densité n'est pas résolu. Prasinocladus marinus (10 µm) dont la culture agitée produit des agrégats de 50 µm en moyenne aurait pu fournir une solution ; PERSON-LE RUYET et VERILLAUD (1980) ont pu nourrir ainsi des daurades.

PROBLEMES A RESOUDRE

L'utilisation des algues en Aquaculture est souvent très empirique. Les algues utilisées sont surtout celles qui peuvent s'adapter aux conditions du laboratoire. Les résultats des tests d'alimentation sont peu reproductibles d'un laboratoire à l'autre. La composition des algues est largement influencée par les conditions d'élevage (MOAL et al., 1977), de plus il est difficile de la relier à la valeur alimentaire pour les élevages (CHU et DUPUY, 1982). Par ailleurs, l'importance du milieu (bactéries, substances dissoutes) où se sont développées les algues pour les élevages secondaires est à peine exploré, mais semble jouer un rôle non négligeable.

BIBLIOGRAPHIE

- CHU F.-L.E., DUPUY J.L. and WEBB R.L. Polysaccharide composition of five species used as food for larvae of the American oyster Crassostrea virginica. Aquaculture, 1982, 29, 241-252.
- FLASSCH J.-P. Production d'algues unicellulaires à des fins d'Aquaculture. Oceanis, 1978, 4(1), 1-12.
- FLASSCH J.-P. L'Ormeau. Revue Informat. Techn. des Serv. Vét. Ministère de l'Agriculture. Direction de la Qualité. Numéro Spécial : Aquaculture Marine Nouvelle et Pathologie, 1981, 21-26.
- GATESOUBE F.J. and ROBIN J.H. Commercial single all proteins as sole food source or in formulated diets for intensive and continuous production of rotifers (Brachionus plicatilis). Aquaculture, 1981, 25, 1-15.
- LAUBIER-BONICHON A., VAN WORMHOUDT A. et SELLOS D. Croissance larvaire contrôlée de Penaeus japonicus (Bate) enzymes digestives et changements de régimes alimentaires. 3rd Meeting of I.C.E.S. Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 1977, 4, 131-145.
- MOAL J., SAMAIN J.F. et Le COZ J.R. C/N et contrôle de la physiologie des cultures de phytoplancton. In Physiology and Behaviour of marine organisms. Proceedings of the 12th European Symposium of Marine Biology - Stirling - Scotland. Sept. 77. Mc LUSKY and BERRY Eds. Pergamon Press Oxford N.Y. 141-148.
- PERSON-Le RUYET J. Elevage larvaire d'Artemia salina (Branchiopodes) sur nourriture inerte Spirulina maxima (Cyanophycée). Aquaculture, 1976, 8, 157-167.
- PERSON-Le RUYET J. et P. VERILLAUD. Techniques d'élevage intensif de la daurade dorée (Sparus aurata). Aquaculture, 1980, 20, 351-370.
- WALNE P.R. Experiments in the large scale culture of the larvae of Ostrea edulis L. Fishery Invest., 1966, Ser. 2, 24(4).

CULTURES EXPÉRIMENTALES DE JACINTHE D'EAU EN VUE DE LA PRODUCTION DE BIOMASSE ET DE LA DÉPOLLUTION

F. SAUZE

Station d'Amélioration des Plantes - INRA - Place Viala 34060 MONTPELLIER CEDEX

I. INTRODUCTION

L'intérêt actuellement porté à l'épuration des eaux résiduaires et à la production de biomasse à l'aide de macrophytes aquatiques justifie l'étude de l'espèce la plus productive qui est la jacinthe d'eau. Il serait notamment nécessaire de connaître son pouvoir épurateur comparé à celui du lagunage ordinaire. Une campagne d'expérimentation a donc été entreprise au cours de l'été 1982, dont les premiers résultats sont exposés ci-après.

II. MATERIEL ET METHODE

Quatre bassins extérieurs, en conditions atmosphériques naturelles permettant une surface de culture de 17 m² environ ont été alimentés avec de l'eau résiduaire domestique, et trois d'entre eux plantés en jacinthes d'eau (environ 4 kg/m² de poids frais).

Divers milieux de culture ont été essayés en comparaison :

Bassin 1 : eau d'égoût pré-lagunée (puisée dans un bassin primaire de lagunage communal, d'une durée de séjour de 12 à 15 jours).

Bassin 2 : eau d'égoût brute, mais diluée à 50 % avec eau de la commune.

Bassin 3 : eau d'égoût brute, telle quelle (hormis décantation grossière).

Bassin 4 : eau d'égoût brute, en lagunage ordinaire (témoin sans jacinthe).

La profondeur d'eau était de 0,30 m en moyenne, la température de l'eau a varié entre 11° et 27°C.

La durée de séjour estimée du milieu alimentaire était identique dans tous les bassins, soit 14 jours. La périodicité des prélèvements était de deux par semaine. La mesure de productivité en biomasse s'effectuait par sondages à l'aide de 4 prélèvements sur une surface de 1 m² chacun, et pesée à l'état frais après égouttage durant 3 minutes.

L'énergie solaire reçue au cours de la période de culture (kcal/cm²/jour ; moyennes mensuelles) a varié de 577 à 253 et la durée d'ensoleillement mensuelle de 300 à 187 heures.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Production de biomasse

Les taux de croissance maximum observés pendant la période la plus chaude (début août), ont été de 60 à 80 % de la biomasse initiale par semaine, soit le doublement de poids en 8 à 10 jours.

Le tableau 1 indique les rendements moyens et maximums en jacinthes au cours de l'ensemble de la période, ainsi que les teneurs en composants principaux du végétal.

Tableau 1

Bassin n°	Rendements (g.m. ⁻² .j. ⁻¹ poids sec)		Composition (% du poids sec)		
	Moy.	Max.	Fibres ^x	Sucres ^{xx}	Protéines ^{xxx}
1	17,5	28,6	43,1	3,7	17,4
2	31,1	41,2	38,9	4,9	20,8
3	31,5	68,2	25,5	3,6	22,5

x Cellulose + hemicell. + lignine

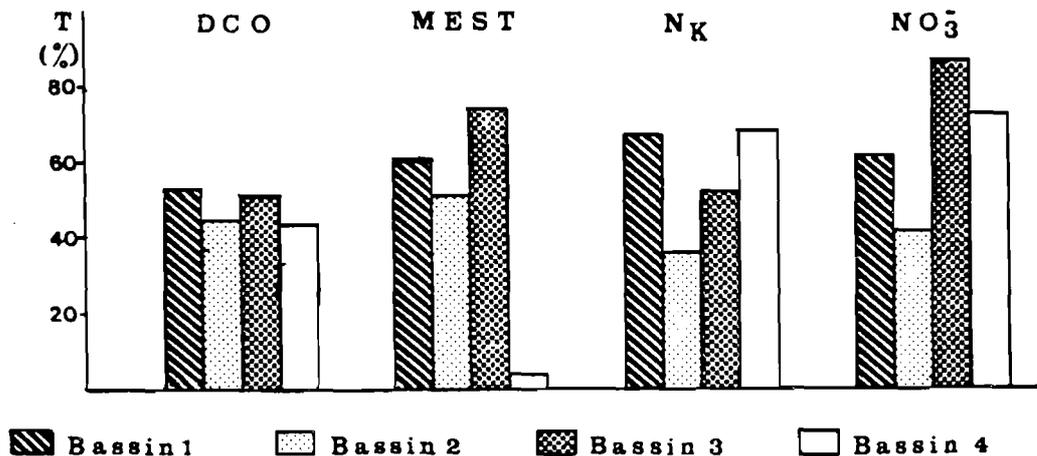
xx Fructose + glucose

xxx Total des acides aminés

Tableau 2

Bassin n°	DCO			MEST			MESO			N _K			NO ₃ ⁻		
	I	E	T	I	E	T	I	E	T	I	E	T	I	E	T
B ₁	295	142	52	197	73,5	60	175	71	59	37	12,1	67	3,2	1,2	61
B ₂	197	111	43,6	215	105	51	140	101	28	36,5	23	36	4,2	2,5	41
B ₃	395	193	51	431	112	74	281	113	59,8	73	35	52	8,3	1,2	86,3
B ₄	395	226	42,7	431	412	4	281	312	-11	73	23	68	8,3	2,3	72

Graph.1



La productivité des macrophytes a été nettement plus élevée en utilisant l'effluent brut, même dilué de moitié, que l'effluent déjà laguné : celui-ci est plus riche en microphytes, dont le développement a absorbé une partie des nutriments. Les rendements en jacinthes d'eau - en particulier les maximums - paraissent grosso modo varier comme la concentration du milieu et son eutrophisation.

Dans le cas de l'eau brute non diluée, en supposant le même rendement moyen de 31,5 sur 5 à 6 mois de culture et une surface d'1 ha, on obtiendrait 50 à 60 t/ha/an de biomasse sèche.

Composition chimique : La teneur en fibres la plus faible est celle des jacinthes sur effluent brut non dilué. Les protéines varient peu, mais plutôt en sens inverse des fibres, c'est à dire proportionnellement à l'eutrophisation du milieu.

3.2. Elimination de polluants (*)

Le tableau 2 et le graphique 1 permettent de comparer le fonctionnement épuratoire des trois bassins à macrophytes avec le lagunage ordinaire à microphytes à l'égard des polluants solubles. Les taux d'élimination % de la majorité d'entre eux sont meilleurs dans les cultures de jacinthes, surtout dans les bassins à effluent brut, que dans le lagunage, qui reste toutefois supérieur pour l'épuration de l'azote. L'eau brute s'épure mieux dans l'ensemble que l'eau pré-lagunée, mais les teneurs résiduelles, notamment en DCO y restent plus élevées, elles ne peuvent être abaissées qu'à l'aide de la dilution.

Les matières en suspension sont très bien éliminées par les jacinthes, qui favorisent leur décantation et limitent la croissance du plancton, alors que la densité de microphytes est très élevée en lagunage ordinaire.

L'effluent brut non dilué, malgré son taux d'épuration élevé, est encore trop pollué pour le rejet en eaux naturelles, ceci tenant à une durée de séjour assez réduite. Seul un accroissement de la surface de culture -qui entraînerait ipso facto celui de la production de biomasse- pourrait rendre le système possible. La dilution constitue un autre moyen, mais ces deux solutions exigent davantage de terrain disponible pour un même débit d'effluent brut.

CONCLUSION

Les performances des jacinthes d'eau sont très encourageantes : production de biomasse très supérieure à celle d'autres macrophytes flottants (4), (5), pouvoir épurateur élevé confirmant ceux constatés par d'autres auteurs (1),(2),(3).

En pratique, plusieurs systèmes de production-épuration, correspondant aux divers types de milieux expérimentés, sont envisageables :

- en traitement complet (effluent brut) :
 - bassin à jacinthes (en été ; lagunage ordinaire l'hiver)
 - lagunage ordinaire permanent.

* Notations et abréviations : I : concentration influent (mg.l^{-1}) ; E : conc. effluent (mg.l^{-1}) ; T : taux d'élimination (%) = $\frac{100(I-E)}{I}$; DCO : demande chimique d'oxygène ; MEST : matières en suspension totales ; MESO : matières en suspension organiques ; N_k : Azote total Kjeldahl ; NO_3 : nitrates ; PO_4 : phosphates minéraux.

- en traitement tertiaire (effluent de station secondaire, ou pré-laguné)
bassin à jacinthes, suivi ou non d'un lagunage de finition.

Les principaux critères de choix seront la nature de l'effluent, les objectifs d'utilisation de la filière : biomasse, épuration (objectif de qualité), et les superficies disponibles.

Remerciements

Ce travail entre dans le cadre de l'étude de la filière eaux résiduaires - biomasse aquatique - méthane et autres dérivés, incluse dans le programme du Groupe de travail créé sous l'égide du G.I.S. "Systèmes énergétiques et Utilisation de l'Espace" à Montpellier.

Nous remercions le Commissariat à l'Energie Solaire, qui contribue au financement de cette recherche (contrat programme COMES-INRA), l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier (Pr. GRIGNAC), le GERDAT, et la Sté Hydro-M, pour leur aide apportée à l'expérience.

Bibliographie sommaire

- 1-CORNWELL D.A. et al. Nutritional removal by water hyacinths. J. Wat. Poll. Control., 1977, 49, 57-65.
- 2-WOLVERTON B.C. et Mc DONALD R.C. Nutritional composition of water hyacinths : grown on domestic sewage. Economic Botany, 1978, 32, n° 4, Oct-Déc., 363-370.
- 3-WOLVERTON B.C. et Mc DONALD R.C. Upgrading facultative wastewater lagoons with vascular aquatic plants. Journal Water Pollution Control Federation, 1979, 51, n°2, 305-313.
- 4-CHASSANY M.-L. de CASABIANCA. Systèmes de production à macrophytes saumâtres ou ou subsaumâtres sur eaux résiduaires urbaines. Tech. de l'Eau et Ass., 1982, 422, Février, 17-26.
- 5-SAUZE F. Cultures en alimentation subcontinue. Influence de certains paramètres. Tech. de l'Eau et Ass., 1982, 422, Février, 27-39.

VALORISATION DE LA CHÂTAIGNE D'EAU (*TRAPA NATANS*).
PREMIÈRE ÉVALUATION DE LA PRODUCTION NATURELLE EN DOMBES

Michel THUOT

Biologie Végétale, Laboratoire de Phytochimie, Université Claude-Bernard, LYON I
43 boulevard du 11 Novembre 1918 69622 VILLEURBANNE CEDEX

INTRODUCTION

Notre implantation près d'une région d'étangs de pisciculture, la Dombes, dont de larges surfaces sont porteuses d'une végétation abondante nous a conduit à étudier les potentialités de valorisation de cette production végétale inexploitée. Les travaux réalisés à l'étranger sur la châtaigne d'eau (*Trapa natans*) ont orienté notre attention vers cette plante aquatique enracinée, à feuilles flottantes, dont les herbiers denses couvrent de vastes superficies : 300 hectares environ, répartis sur quelques dizaines d'étangs en Dombes.

Dans une première approche nous avons cherché à évaluer la production naturelle de biomasse ainsi que les modalités spatio-temporelles de sa mise en place.

MILIEU ET TECHNIQUES D'ETUDES

L'étude expérimentale de la production in situ est conduite sur l'étang Grand Moulin, près de Saint-André-de-Corcy (01), d'une superficie en eau de dix sept hectares dont quatre hectares d'herbier de châtaigne d'eau.

Des coupes de la partie flottante des plantes sont effectuées tous les quinze jours à raison de quatre prélèvements d'un quart de mètre carré chacun.

Après séchage en étuve à 60°C durant une journée au moins, les échantillons sont pesés et leur séchage est complété par quelques heures d'étuve à 120°C jusqu'à obtention d'un poids constant de matière sèche.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus, exprimés en tonnes de matière sèche par hectare, sont consignés dans le tableau I.

L'examen des prélèvements montre que le nombre de rosettes foliaires en surface est stable autour de 40 unités par mètre carré à partir de début Juillet. Ce chiffre correspond à 10 ou 15 pieds (individus) au mètre carré ; Le peuplement est fort homogène pour ces deux données.

La longueur des tiges s'étage de 200 à 300 cm. Elle paraît indépendante de la profondeur d'eau qui est comprise entre 50 et 150 cm.

Tableau I : poids de matière sèche récoltée, en tonnes par hectare .
peuplement pur de Trapa natans, étang Grand Moulin en Dombes, été 1982

date	7.06	22.06	7.07	23.07	8.08	23.08	6.09	21.09
poids	0,51	0,85	2,07	2,84	3,35	3,92	4,34	2,70

Les rosettes foliaires montrent une répartition des tailles plus inégale, la moyenne se situant entre 20 et 25 cm de diamètre pour 35 à 40 feuilles, parfois beaucoup plus.

La production totale des fruits, évaluée par collecte de huit échantillons d'un quart de mètre carré sur le fond après la sénescence des herbiers, représente 2 tonnes de matière sèche par hectare pour quelques cent fruits mûrs par mètre carré. Leur poids moyen de matière fraîche est de 4,5 grammes.

Ces paramètres quantitatifs sont très représentatifs de l'ensemble des quatre stations de la région où des observations similaires ont été menées.

La coupe de certaines rosettes au sein de surfaces délimitées n'a pas amené une amélioration de la production cumulée de ces aires en raison de la non reproductibilité des tiges coupées.

Le maximum de biomasse récoltable, un peu supérieur à 4 tonnes de matière sèche par ha. est du même ordre que celui obtenu en Inde (1) mais très inférieur à ceux des auteurs américains (2) et japonais (3) dont les estimations convergent vers 15 à 16 tonnes de matière sèche par ha. Les facteurs pédoclimatiques propres à chaque région restreignent la portée des comparaisons. On peut en outre attribuer ces faibles résultats au fort taux de renouvellement des feuilles (le nombre de cicatrices foliaires excède celui des feuilles à la fin du mois d'août.), à l'étalement de la libération des fruits sur presque deux mois ainsi qu'à l'action de nombreux insectes parasites (Galerucella, famille des Jarysonelidés) causant d'importants dommages aux feuilles. Une autre source de limitation de la production pourrait résulter de l'existence, révélée par une enquête auprès des

pisciculteurs, d'un cycle pluriannuel de développement progressif puis de régression de la densité des herbiers dans une station donnée.

Les faibles quantités de biomasse enregistrées peuvent poser le problème de l'amélioration de la production, soit par l'allongement du cycle (culture en eau chaude ; maîtrise de la germination) soit par le contrôle du rythme de croissance des herbiers. L'ordre de grandeur des chiffres, sur le terrain comme dans la littérature, incite à choisir un mode de valorisation tenant compte de l'intérêt qualitatif de la matière produite, attesté par de nombreux travaux.

La plante est assez riche en protéines (12-15%) (6). Sa teneur en eau, (77%) (4), est faible pour une plante aquatique. On peut donc envisager l'emploi de l'appareil végétatif comme aliment du bétail tel qu'il est utilisé dans de nombreuses contrées du tiers monde, de concert avec l'usage alimentaire des fruits. Les résultats positifs obtenus aux U.S.A. sur la méthanisation de la plante (3) permettent d'envisager une autre utilisation mixte : la digestion fournissant de l'énergie (utilisable pour la récolte et d'autres usages locaux) et une matière fermentée enrichie en acides aminés essentiels pour la nutrition animale. Enfin, l'impact de la récolte sur l'épuration chimique des eaux est un aspect à intégrer au bilan économique du procédé (2).

RESUME ET CONCLUSION

La première approche de la production des herbiers de Trapa natans en Dombes montre que les quantités de biomasse élaborées (4,3 tonnes de matière sèche récoltable en surface début Septembre) sont dignes d'intérêt pour ce type de peuplement aquatique.

Les caractéristiques physiologiques de la plante laissent entrevoir plusieurs filières potentielles de valorisation, comme l'alimentation du bétail, éventuellement associée à la production d'énergie sous forme de méthane et à la phytoépuration du milieu.

Ainsi la châtaigne d'eau pourrait, avec d'autres macrophytes des étangs, contribuer à la mise en valeur rationnelle de milieux aquatiques encore imparfaitement gérés.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) AMBASHT R.S. Ecosystem study of a tropical pond ; production of different vegetational zones. Hidrobiol. Bucur., 1971, 12, 57-61
- (2) BERGGREN H. Pahlavi Mordab a threatened iranian bird paradise. Fauna Flora, 1975, 70(4), 164-170
- (3) COUNTRYMAN D. , FRASER J.K. Feasibility assesment of anaerobic digestion of european water chestnuts. NYSEADA, 1980, 13
- (4) GOMMES R. , MUNTAU H. Quelques aspects de la composition chimique de *Trapa natans*. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg., 1975, 108 (2), 209-218
- (5) TSUCHIYA T. , IWAKI H. Impact of nutrient enrichment in a water chestnut ecosystem. Water Air Soil Poll., 1979, 12(4), 503-510
- (6) VYAS S.C. , DAS R.R. Protein content of some hydrophytes. Aquat. Bot., 1978, 5(2), 207-208

ÉTUDE BIOCHIMIQUE ET PHARMACOLOGIQUE D'UNE RHODOPHYCÉE
DELESSERIA SANGUINEA (LINNE) LAMOUROUX

Jean-Claude YVIN*, Lionel CHEVOLOT* & Jean-Pierre SALEÜN**

* Centre Océanologique de Bretagne, B.P. 337, 29273 BREST CEDEX

** Centre de Transfusion Sanguine, 46, rue F. Le Dantec 29275 BREST

L'étude des produits naturels marins a connu depuis une dizaine d'années un essor considérable, à tel point qu'une revue exhaustive sur ce sujet est devenue impossible. Parmi les organismes marins les plus étudiés, les algues ont fait l'objet de nombreux travaux qui ont montré toute la diversité et l'originalité de leurs métabolites secondaires.

Dans le cadre de ces recherches, nous avons entrepris l'étude d'une Rhodophycée des côtes bretonnes, *Delesseria sanguinea* (Linné) Lamouroux, connue pour présenter des propriétés anticoagulante (1) et antibiotique (2).

Etude chimique.

Après extraction, menée conformément au schéma 1, l'analyse des différentes fractions a été entreprise successivement. Nous présenterons, ici, les résultats concernant la fraction I.

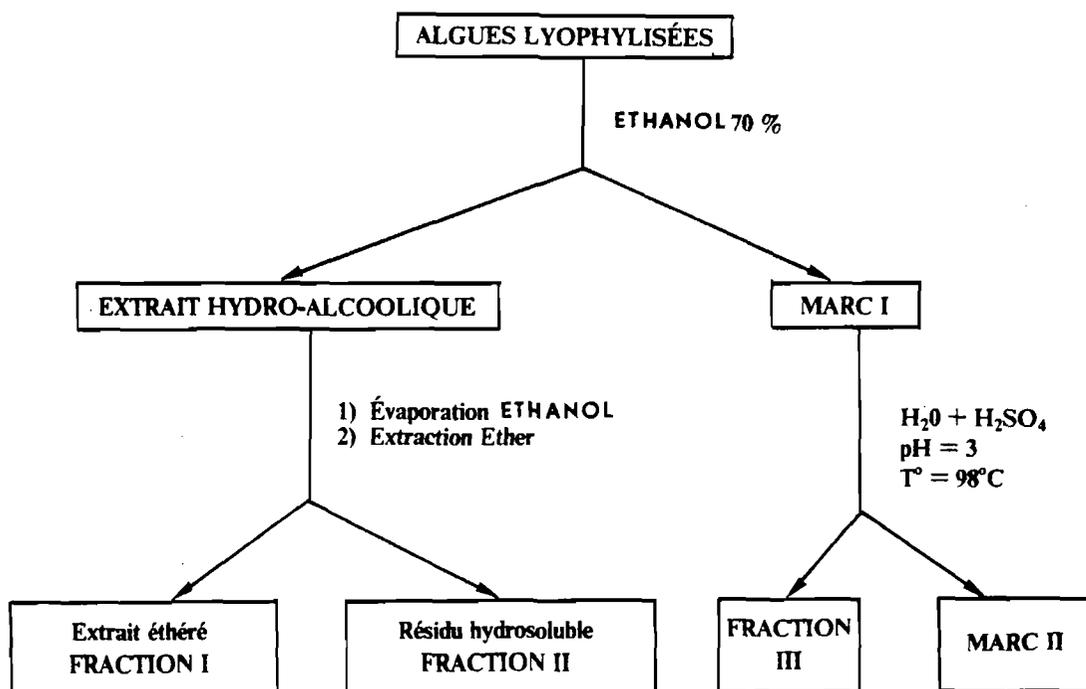


schéma 1

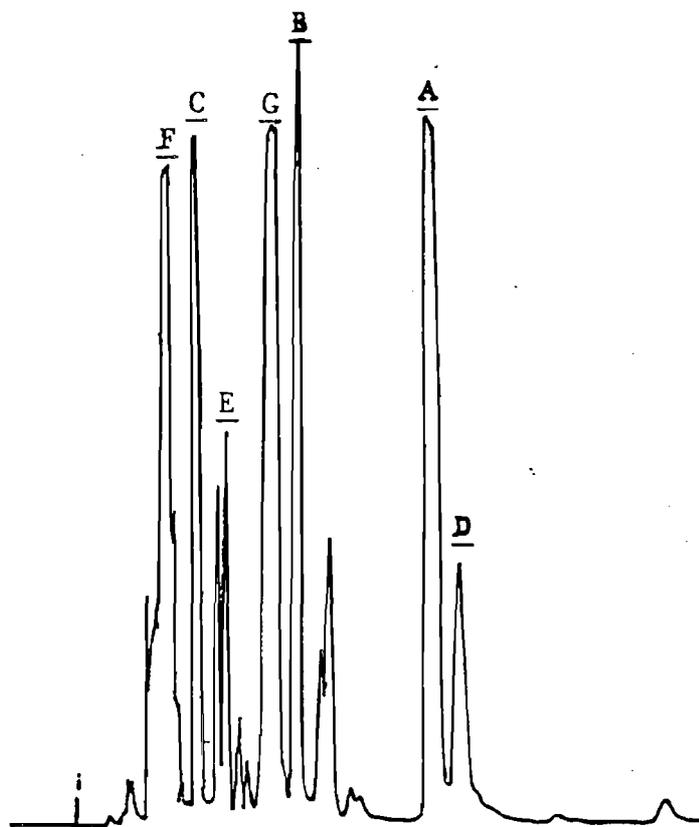


schéma 2

Chromatogramme de la fraction I.

Colonne : 2 μ BONDAPACK PHENYL

Solvant : H₂O - CH₃CN - MeOH 75 - 20 - 5

UV : 225 nm

D : 1,5 ml/mm

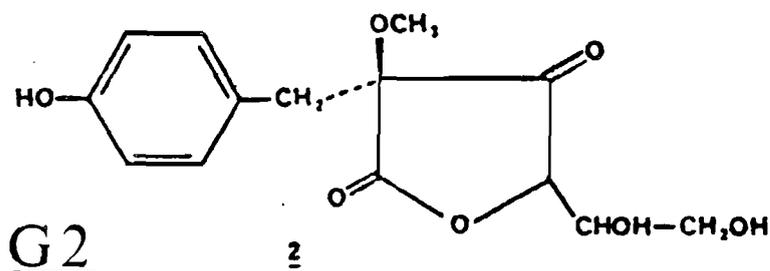
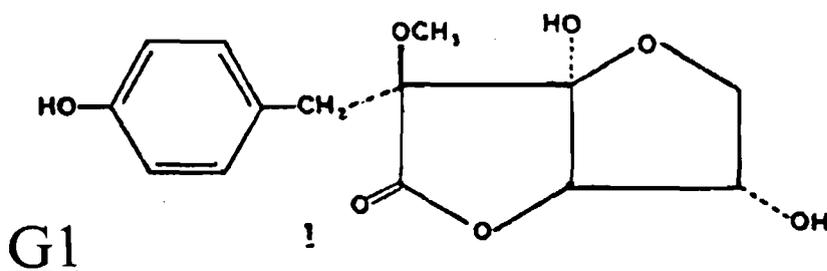
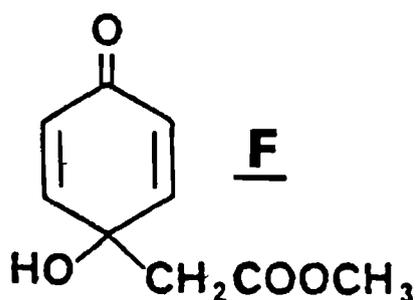
V : 5 mm/mm

Injection : 10 μ l

L'analyse de cet extrait étheré, réalisée par chromatographie liquide haute performance (voir schéma 2), nous a permis de mettre en évidence un certain nombre de composés phénoliques.

Parmi les composés peu polaires nous avons isolé et caractérisé : l'ester de l'acide parahydroxyphénylacétique : A, le parahydroxybenzaldéhyde : B, l'alcool parahydroxybenzylique : C, et le parahydroxybenzyléthyl éther : D.

Nous avons d'autre part, parmi les composés polaires, identifié deux métabolites originaux, la cyclohexadiénone F et un glycoside que nous avons appelé Délessérine G (3), tous deux isolés pour la première fois de la flore marine.



Etude pharmacologique.

- Le parahydroxybenzaldéhyde composé B est responsable de l'activité antibactérienne de cet extrait.

- Nous avons mis en évidence une activité antiagrégante plaquettaire que nous avons pu attribuer au composé A.

- L'étude des propriétés biologiques de la Délessérine composé G a permis de montrer qu'elle n'avait pas d'action antibiotique ou antifongique, ni d'activités pharmacologiques particulières sur les animaux à sang chaud.

La mise en évidence de tels composés chez les algues pose le problème de leurs rôles : aujourd'hui encore la signification biologique réelle de la plupart de ces composés reste à déterminer.

Remerciements.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme PHARMOCEAN soutenu par le CNEXO et le CNRS. Nous tenons à remercier la Société Goëmar de Saint-Malo pour son appui financier. Nous remercions également Mme D. PESANDO (INSERM) pour la réalisation des tests antibiotiques, M. le Professeur P. COURTOT (Université de Bretagne Occidentale), ainsi que Ph. AMADE, D. BUESTEL, T. BELSHER et Y. CRAIGNOU pour la récolte du *Delesseria sanguinea*.

Références.

- (1) Elsner, H.; Liedmann, A.; and Oppers, K.
Tierversuche mit einen gerinnungshemmenden Algenstoff aus *Delesseria sanguinea* Lamouroux. Archiv. für exp. Pathologie und Pharmacologie 1938, 190, 510.
- (2) Roos, V.H.
Untersuchungen über das vorkommen antimikrobieller substanzen in Meeresalgen. Kolsch, G. Kieler Meeresforschungen 1957, 13, 41-58.
- (3) Yvin, J.C.; Chevolot-Magueur, A.M.; Chevolot, L.; Lallemand, J.Y.; Potier, P.; Guilhem, J.
Delesserine a new metabolite of mixed biogenesis from the red marine alga *Delesseria sanguinea* Lamouroux. J.A.C.S. 1982, 104, 4497.



TABLES RONDES

Les réflexions collectives ont été organisées autour de 19 tables rondes réparties en trois séries A, B, C, programmées successivement pour permettre à chaque participant d'être présent dans l'une des tables rondes de chaque série.

Comme le montre la liste des titres des tables rondes, les thèmes traités dans les séries A et B sont liés aux filières d'exploitation et aux conditions de développement de celles-ci, tandis que les thèmes de la série C correspondent aux différents groupes de végétaux concernés. Ces deux approches complémentaires ont permis une meilleure évaluation.

Chaque table ronde avait d'abord pour tâche de dresser le bilan des acquis dans le domaine, de recenser les équipes travaillant sur le sujet ainsi que les problèmes existants puis d'envisager, en conséquence, les actions à mener.

Dans la pratique, les documents de synthèse rédigés par les rapporteurs des tables rondes ont été rapidement dactylographiés et multicopiés après chacune d'entre elles. Ils ont été remis à tous les participants au colloque qui ont pu ainsi en discuter efficacement au cours des séances plénières.

Les textes ainsi élaborés sont reproduits ici. Ils présentent une hétérogénéité certaine et gardent un caractère spontané en relation avec les particularités des thèmes et les personnalités des rédacteurs à qui une grande latitude a été laissée.

Le RESUME THEMATIQUE de la PRESENTATION SYNTHETIQUE DU COLLOQUE rassemble les principaux points ayant émergé au cours des discussions.

°
° °

La liste des tables rondes comprend le code de référence de chacune, son titre et le nom des rapporteurs. Il faut mentionner trois particularités :

- les deux thèmes de la table ronde A 6, sans relation entre eux, ont été discutés séparément et n'ont été regroupés que pour des raisons d'organisation pratique.
- les deux sous-thèmes, très complémentaires, de la table ronde B 5 ont été individualisés, en liaison avec la spécialisation des rapporteurs.
- à l'inverse, les tables rondes C 5 (Macrophytes d'eau douce) et C 6 (Microphytes d'eau douce) ont été réunies, compte tenu de leur problématique commune.

TABLE RONDE A 1 *

POTENTIEL BIOLOGIQUE . STOCKS . INVENTAIRES

Rapporteur : T. BELSHER

POURQUOI ?

Aussi paradoxal que cela puisse paraître, il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'inventaire méthodique et rationnel des ressources potentielles représenté par des végétaux aquatiques, qu'ils soient marins ou d'eau douce.

Il n'existe pas, non plus, à l'échelle nationale, de cartographie générale de référence, alors que celle de la végétation terrestre est en voie d'achèvement.

Et pourtant, ces éléments indispensables permettraient:

- 1- de disposer de données qualitatives et quantitatives établies suivant une série chronologique représentative; il serait alors possible de discerner la responsabilité dans les fluctuations, des variations naturelles, de celles créés artificiellement par intervention humaine.
- 2- d'exploiter de façon rationnelle, des espèces à intérêt économique en s'appuyant sur une connaissance exacte des stocks disponibles et de leurs fluctuations.
- 3- de protéger plus efficacement les espèces du patrimoine.
- 4- d'informer ou de conseiller les décideurs lors des aménagements littoraux (lacs, bord de mer, ports...).
- 5- de révéler des indicateurs biologiques témoins de la qualité des eaux ou de l'équilibre du milieu.
- 6- de comprendre le fonctionnement de l'écosystème et de prévoir son évolution. Par ailleurs, une vision globale permet une meilleure interprétation d'un phénomène sectoriel.

L'analyse des travaux les plus récents permet de formuler les propositions suivantes:

- 1- l'établissement de documents successifs traduisant aussi bien les aspects qualitatifs que quantitatifs de l'ensemble des systèmes littoraux en insistant en priorité sur les secteurs:
 - à intérêt économique
 - à aménager
 - à problèmes: zones d'échouage des végétaux (posidonies, épaves d'algues brunes, marées vertes), proliférations anarchiques (sargasses, eaux rouges)
 - où les végétaux jouent un rôle primordial dans l'écosystème (herbiers).

14 participants

Leur réalisation doit être répétitive, rapide, précise et nécessite donc impérativement une méthodologie homogène et cohérente depuis l'acquisition des données jusqu'à leur représentation cartographique.

L'outil privilégié apparaît être la télédétection, tant aérienne (émulsion couleur et infra-rouge fausse-couleur) que satellitaire (spectro-radio-métrie).

Ceci implique, d'une part, des traitements d'images par voies analogique et numérique à l'aide de moyens informatiques actuellement disponibles, d'autre part, l'acquisition des signatures spectrales des différentes populations..

Si en zone intervidale, cette procédure semble au point, elle présente, en domaine sub-littoral, des difficultés d'application qu'il sera indispensable de surmonter par la mise au point d'une technologie de détection sous-marine (sonar latéral, systèmes automatiques de prises de vue, création d'engins nouveaux).

Le report des informations obtenues serait largement facilité si l'on pouvait disposer:

- a) de cartes au 1/25 000 e précisant la topographie des fonds dont la réalisation incombe au S.H.O.M.
- b) de spectroradiomètres adaptés à la perception de l'information sous-marine (lumière polarisée, canal bleu, ...).

A ce niveau, il y a convergence entre les problèmes spécifiques aux milieux marins et d'eau douce, bien qu'en eau douce la diversité des biotopés rende l'application de ces techniques plus délicate.

2- La création de nouveaux points R.N.O. à localiser à proximité de la côte de façon à disposer d'une information permanente dans des secteurs sélectionnés sur les principaux facteurs physico-chimiques qui interviennent dans l'évolution des peuplements.

3- Une banque nationale des données centralisant les informations sur les végétaux aquatiques, capable de constituer des fichiers spécialisés et de les rediffuser rapidement.

Enfin, la commission tient à attirer l'attention sur l'absence d'un ouvrage de synthèse des travaux systématiques réalisés en Europe et sur la dispersion des herbiers de référence.

CONCLUSION

Le développement des techniques de télédétections aériennes et satellitaires rendent, aujourd'hui, possible l'établissement d'un inventaire qualitatif et quantitatif extrêmement fin des ressources végétales marines et d'eau douce ainsi que leurs évolutions.

L'acquisition de séries chronologiques représentatives devrait conduire à l'établissement de modèles prédictifs.

TABLE RONDE A 2

TECHNIQUES DE RÉCOLTE. TECHNIQUES DE CULTURE EN LABORATOIRE ET *IN SITU*

Rapporteur : M. BODARD

- 30 personnes participant à cette Table Ronde
(2 industriels et forte représentation du Monde Scientifique)
- 4 thèmes abordés : MICROALGUES
MACROALGUES
MACROPHYTES d'eau douce
VALORISATION des végétaux des zones humides et des
rejets marins

Dans ces thèmes, furent discutés les problèmes de techniques de culture, de récolte et les problèmes connexes (pb. de marché des produits, engrais, ...).

MICROALGUES

- Expérimentation au point de culture AUTOMATISEE de microalgues marines en milieu stérile. Culture de microalgues en milieu stérile et monospécifique envisageable exclusivement en parallèle d'une éclosion et nourrissage des jeunes larves d'animaux filtreurs. Utilisation pour des recherches de laboratoire, recherches biochimiques et écophysiologiques.
- Le grossissement de ces animaux doit être envisagé avec des cultures non monospécifiques et non stériles qui valoriseraient de plus des sous-produits industriels (lisier de porc, son de riz...)
- Expérimentation en cours de culture d'algues fixées sur des cubes de polyuréthane : les hydrates de carbone extra-cellulaires sont récupérables en continu. D'autres produits, tels que les hydrocarbures pourraient être obtenus de façon identique. D'autres supports furent peu étudiés. Citons le cas toutefois des "billes d'alginate".
- Si la culture des microalgues a déjà trouvé beaucoup de solutions, les problèmes de récolte sont encore importants, selon de plus l'utilisation ultérieure des algues (ultrafiltration, centrifugation, floculation...?).

MACROALGUES

- Une identification et une quantification des besoins sont avant tout nécessaires (besoins en colloïdes, produits nouveaux). En parallèle, une connaissance des gisements naturels et de leurs potentialités suivant les espèces, est à réaliser. Elle est déjà réalisée pour certains sites.
- A la suite de ce travail, des options pourront être prises pour les divers types d'exploitation envisageables : - cueillette, cultures en bac, cultures dans le milieu marin ou repeuplement artificiel.

De nombreuses expérimentations ont déjà été menées pour de nombreuses espèces cultivables :

- . laminaires (Université de CAEN)
 - . culture de rhodophytes en bacs (Université de LILLE)
 - . culture de *Porphyra* (Université de CAEN)
 - . culture de phaeophycées en laboratoire et en mer (Station Marine de WIMEREUX)
 - . culture de cystoseïres en pleine eau (Station de BANYULS)
 - . culture d'*Asparagopsis armata* en laboratoire (Université de PERPIGNAN)
- Une maîtrise des paramètres éco-physiologiques aux différents stades de cycle de vie des individus et des populations est indispensable. Des études de sélection par hybridation, par clonage sont actuellement en cours.
- Entrent en ligne de compte également les problèmes de sites, de juridiction, de protection d'intégration des nouvelles cultures marines dans le tissu socio-économique maritime actuel.
- Ensuite deux problèmes importants ont été abordés devant faire l'objet de programmes particuliers :
- . mettre au point la récolte mécanique des algues et notamment la possibilité de couper les stipes de laminaires au-dessus de la zone méristématique et d'en récolter les frondes,
 - . assurer la possibilité aux laboratoires une aide technique leur permettant de transporter et de surveiller les cultures commencées en laboratoire et transplanter ensuite in situ en mer ou dans des bacs (Université de CAEN et de LILLE).

MACROPHYTES D'EAU DOUCE

- Cultures envisagées essentiellement dans un but d'épuration (Roselières dans bassins de lagunage, plantation de macrophytes en aval de pisciculture).

VALORISATION DES VEGETAUX des zones humides et des rejets marins

- Il existe une biomasse récoltée obligatoirement mais sans valorisation ultérieure ("Marée verte" de Bretagne, lentilles d'eau de marais, déchets de culture, laissés de mer, ...). Mais les problèmes de rentabilité économique de la valorisation sont importants. Pour le transport et le ramassage, des engins permettant la récolte dans des godets faucardeurs, ou de bateaux faucardeurs pouvant récolter soit la végétation de profondeur, soit la végétation flottante, ont été mis au point ; le coût de cette technique est actuellement largement connu.

Le centre de Pleubian met en place actuellement une filière de valorisation des Ulves et des autres algues (Sargasse) causant une nuisance (compostage, méthanisation et extraction de molécules à haute valeur ajoutée).

Dans le cadre du compostage, il convient de bien distinguer le compost provenant de déchets urbains dont le marché est saturé du compost forestier ou algal que la France importe en grande quantité.

TABLE RONDE A 3 *

SUBSTANCES COLLOIDALES. PROTÉINES. FARINES D'ALGUES

Rapporteur : B. KLOAREG

I. BILAN DE LA SITUATION ACTUELLE

Au plan international, les recherches modernes sur les phycocolloïdes ont commencé vers 1950 par l'étude de leur structure chimique, essentiellement en Amérique du Nord et au Japon pour les galactanes, en Norvège et au Royaume-Uni pour les polymères des algues brunes. La quasi-totalité des résultats publiés sur les propriétés des phycocolloïdes, tant rhéologiques qu'électrochimiques, a été acquise en Angleterre et en Norvège. En 1970, ces mêmes chimistes norvégiens, puis plus tard des équipes canadiennes et américaines ont entrepris l'étude de la biosynthèse de ces produits.

Pendant toute cette période de 1960 à 1975, seuls deux laboratoires français se sont intéressés aux phycocolloïdes. Le laboratoire de physiologie végétale de l'Université catholique de l'Ouest, à Angers, a analysé les oses simples des algues brunes puis leurs polyosides. Après avoir contribué à la description de la structure chimique des fucoïdanes, cette équipe s'intéresse maintenant davantage au rôle biologique des polyesters sulfurés. Parallèlement, à partir de 1965 environ, le laboratoire d'algologie fondamentale et appliquée de l'Université de Caen a étudié l'influence de facteurs internes (nature et âge des tissus), et de facteurs externes (techniques de récolte, de stockage, et de traitement) sur le rendement d'extraction et la qualité des acides alginiques extraits de *Laminaria digitata*, dans le cadre d'une étude écophysiological de cette espèce. Enfin, il faut rappeler que pendant la même période la CECA et la SOBALG ont effectué, au sein de leurs laboratoires respectifs, des recherches qui, selon toute vraisemblance, ont porté sur la technologie d'extraction et de transformation des alginates et des carraghénanes.

Pour ce qui concerne les farines d'algues, l'essentiel des recherches a

* 12 participants

été effectué dans les pays scandinaves, où l'on s'est préoccupé de savoir quelle était l'influence et le devenir des oligoéléments, vitamines et pigments contenus dans ces farines, sur les produits élaborés tels que : les oeufs, le beurre et la viande.

En France, rien depuis les travaux de VINCENT vers 1920 n'a été publié à ce sujet, sinon des analyses élémentaires, oligoélémentaires et vitaminiques des farines mises sur le marché. Ce manque d'intérêt scientifique pour les farines d'algues est vraisemblablement une des raisons du déclin de cette production dans notre pays.

Dans le domaine encore plus spécifique des protéines tirées des algues, seuls les Japonais ont effectué des travaux approfondis sur les protéines contenues dans les algues comestibles de leurs côtes. En France, excepté l'étude très complète réalisée sur la spiruline à l'initiative de l'IFP, très peu de travaux à ce jour ont été publiés concernant les protéines des algues. Pourtant, l'idée de valoriser ces composés a été lancée à plusieurs reprises (production et commercialisation des *Porphyra* indigènes; valorisation des protéines sous-produits de l'industrie des colloïdes).

Aujourd'hui, les laboratoires français dont l'axe de recherches (ou l'un des axes de recherches) est consacré aux phycocolloïdes ou aux protéines des algues sont un peu plus nombreux que par le passé. On peut citer ainsi les équipes suivantes :

- Laboratoire de Physiologie végétale de l'Université Catholique de l'Ouest, Angers (étude chimique et rôle biologique des polymères des algues marines);

- COB, CNEXO, Brest (fractionnement, étude structurale et propriétés anti-coagulantes des galactanes des Rhodophycées);

- Laboratoire de Physiologie végétale de l'Université de Bretagne Occidentale, Brest (étude biochimique et biosynthèse des carraghénanes, des gigartinales);

- Laboratoire de mécanique physique de l'Université de Bretagne Occidentale, Brest (propriétés hydrodynamiques des solutions; propriétés mécaniques des gels);

- Laboratoire de Biotechnologie solaire, CEN, Cadarache (immobilisation de microalgues sur polyuréthane et cultures de cellules photosynthétiques, en vue de la production de polymères sulfurylés);

- Laboratoire d'Algologie fondamentale et appliquée, Université de Caen, Caen (hybridations interspécifiques et intergénériques chez les Laminariales en vue de l'amélioration de la qualité et du rendement d'extraction des alginates);

- Centre d'études et de recherches sur les macromolécules végétales (CERMAV) CNRS, Grenoble (Propriétés hydrodynamiques et polyélectrolytiques des macromolécules végétales);
- Laboratoire de Chimie des substances naturelles marines, Université de Perpignan (propriétés biologiques des polyosides sulfatés d'Asparagopsis armata et Rissoella verruculosa);
- Laboratoire d'Algologie et de biologie végétale marine, Université de Lille, Villeneuve d'Ascq (étude biochimique et physiologique de l'agag-agar de Gracilaria verrucosa);
- Laboratoire d'Algologie, ISTPM, Nantes (étude quantitative et qualitative des carraghenanes de Eucheuma spinosum, en fonction des techniques de culture);
- Ecole de Chimie de Rennes, Rennes (ultrafiltration, électrophorèse et hémisynthèse appliquées aux polymères extraits des algues marines);
- Laboratoire de Physique et Chimie marines, INSERM, Villefranche-sur-Mer (propriétés antifongiques et antibactériennes d'un polyoside extrait d'une diatomée marine);
- Station Biologique, CNRS, Roscoff (rôle des parois et des polymères pariétaux dans l'écophysiologie des algues marines);
- Laboratoire de la Rocquette, Saint Bauzille de Putois (culture de Spirulines en milieu naturel);
- Chercheurs indépendants :
 - M. SECCONI, Hyères (traitement économique des posidonies, extraction des protéines, des acides uroniques et des celluloses).

II. PROSPECTIVES

En raison du faible nombre de participants à cette table ronde, essentiellement scientifique, le débat n'a pas pu avoir l'ampleur que nous aurions souhaitée. De ce fait, les scientifiques n'ont pu que présenter leur savoir et leur savoir faire, sans les confronter aux besoins véritables des industriels. Le souhait unanime de l'ensemble des participants est qu'un gros effort de recherche en amont soit effectué dans ce domaine où les connaissances ne sont pas toujours très avancées. Pour ce qui est de la recherche en aval, les suggestions sont les suivantes :

- 1 - Amélioration des technologies extractives et préparatives des phycocolloïdes (affinement des méthodes d'extraction (enzymes), affinement des méthodes de fractionnement et de purification, affinement des méthodes de transformation (dérivation, hémisynthèse);

- 2) Diversification des applications des phycocolloïdes déjà commercialisés
(diversification des matières premières- Sargassum, macroalgues rouges de Méditerranée, algues microscopiques - effet de synergie, recherche en vue d'obtention d'alginate à fort pouvoir gélifiant);
- 3) Valorisation de nouveaux produits en particulier ceux considérés actuellement comme des sous-produits de l'industrie des phycocolloïdes (fucoïdanes, acides aminés, protéines, etc...);
- 4) Promotion de l'aquaculture des *Porphyra* indigènes en vue d'un usage alimentaire (étude des conditions de culture, contrôle de la qualité alimentaire des produits, étude toxicologique de ces mêmes produits).

TABLE RONDE A 4

SUBSTANCES BIOLOGIQUEMENT ACTIVES

Rapporteurs : M. CHARPENTIER, L. CHEVOLOT

Cette table ronde a suscité un grand intérêt, elle a réuni 35 participants représentant 12 laboratoires universitaires, 3 firmes industrielles directement intéressées (Laboratoire Daniel BRUNET, Laboratoire GOEMAR, SOBALG) et des observateurs attentifs des secteurs publics et privés (CFP).

Les substances à activité biologique sont des produits à très haute valeur ajoutée, leur production par culture des algues peut donc être envisagée sous un jour favorable. De plus les substances synthétisées par les algues (macrophytes et microphytes) sont différentes de celles fabriquées par les végétaux supérieurs tant au niveau des métabolites primaires, comme les polysides, qu'au niveau des métabolites secondaires. Etant donné que nombre de substances biologiquement actives ont été isolées de plantes terrestres, cette différence doit permettre de trouver dans les algues de nouvelles substances à activité biologique susceptibles d'être exploitées.

De fait, les recherches menées ces vingt dernières années, essentiellement au Japon et aux USA (et, dans une moindre mesure, en Australie, Italie, Espagne et Allemagne), ont largement prouvé que les algues présentent une composition chimique originale. En ce qui concerne les recherches menées en France, le retard est considérable et elles restent le fait d'un petit nombre d'équipés. S'il est vrai que la firme HOFFMAN - LA ROCHE a fermé son Institut de DEE-WHY (Australie), il n'en est pas moins vrai que 4 groupes pharmaceutiques japonais développent actuellement des programmes de recherche en pharmacologie marine. De plus, aux USA, l'activité reste soutenue en liaison étroite avec des groupes pharmaceutiques puissants (UPJOHN, MERCK, ELI-LILY).

A - ETAT ACTUEL DES CONNAISSANCESI) Usage des algues en médecine humaine ou vétérinaire en France1° - Utilisation actuelle

Très peu de spécialités contiennent des algues dans leur formulation, et sont commercialisées par de petits laboratoires :

- Gaviscon	Laboratoire Manceau	Traitement du reflux
- Iopaal	"	Gastro-oesophagien
- Gelogastrine	"	Antiacide, absorbant
- Coalgan	"	Hemostatique
- Totalg	"	Iodothérapie
- Algues brunes composées	"	"
- Fuca	"	Constipation
- Loraga	"	"
- Coreine	"	"
- Anoreine	"	Traitement des hémorroïdes
- Plurivers	"	Anthelminthique

Encore faut-il ajouter que la plupart de ces spécialités ne sont à base que de phycolloïdes.

2° - Utilisation possible

Peu de données sur des usages empiriques des algues en médecine traditionnelle sont disponibles et peu de triages pharmacologiques complets ont été publiés, sauf peut-être dans le domaine des antibiotiques. Cependant certaines classes de produits mériteraient d'être mieux étudiées, en particulier :

- les composés à activité antibactérienne et antifongique :

Très souvent les extraits d'algues sont antibactériens, mais très souvent aussi les molécules actives (laurinterol, dictyodial, fimbrolides, etc.) isolées de différentes familles d'algues (Bonnemaisoniacées, Dictyotacées entre autres) présentent soit des CMI faibles, soit des spectres mal adaptés au traitement des maladies infectieuses humaines, soit encore des toxicités élevées. L'activité antifongique est moins souvent rapportée (citons le yahazunol, les cymopols et les fimbrolides), mais semble intéressante.

- les antitumoraux :

Différents composés actifs sur des tumeurs malignes ont déjà été isolés des algues, en particulier des polysaccharides de différentes origines, des terpènes de Dictyotacées (stypoldione, spatol) ou de cystoseires (bifurcarenone), des métabolites secondaires de cyanophycées (debromoaplysiatoxine, lyngbyatoxine A) ; mais ces résultats sont trop récents pour pouvoir en mesurer la valeur, toutefois ce domaine semble une voie de recherche intéressante.

- les composés actifs sur le système cardio-vasculaire :

Certaines molécules issues des algues sont actives sur cette sphère comme hypotenseur, spasmolytique, anticoagulant. Etant donné qu'il s'agit d'un domaine où la demande reste vive, il conviendrait d'intensifier les recherches dans cette voie en développant notamment l'étude des molécules existantes et les screenings systématiques.

- les neurotoxiques :

Des molécules très intéressantes tant par l'originalité de leur structure que par l'intensité de leurs effets ont été mises en évidence dans les algues : acide kaïnique (*Digenea simplex*), satitoxine (*Gonyaulax catenella*), gonyautoxines (*G. lamarensis*), brevetoxines (*Gymnodinium breve*).

- les polyosides :

Les polyosides sont actuellement utilisés comme excipient ou pour leurs propriétés physico-chimiques (pouvoir lubrifiant, filmogène, etc.). Certains d'entre eux possèdent par eux-mêmes des propriétés pharmacologiques. Les propriétés antitumorales ont déjà été citées, l'armatan (polyoside isolé d'*Asparagopsis armata*) présente d'intéressantes propriétés immunomodulatrices dont il convient de poursuivre l'étude. De plus les alginates ont la propriété de se lier fortement à certains cations de métaux lourds et ont été utilisés pour prévenir ou soigner les intoxications par le strontium..

II) Usage en thalassothérapie et en cosmétologie

1° - Situation actuelle

Plusieurs centres de thalassothérapie existent le long des côtes françaises et utilisent largement les produits à base d'algues, notamment en rhumatologie ; cette utilisation empirique demande à être mieux comprise, ce qui permettrait de "moraliser" la vente abusive de spécialités "aux algues" qui n'en contiennent parfois que très peu. L'usage en cosmétologie résulte de la même démarche.

2° - Utilisation possible

Les polyosides des algues sont largement utilisés comme excipient dans la confection des gels aqueux, émulsions, pommades et crèmes lavables. La notion "d'algue vectrice" de substances actives est souvent invoquée dans ce domaine (et dans d'autres) ; le bien-fondé de ce concept mériterait d'être étudié. Les facteurs antiherpétique et antifongique de certaines algues pourraient être plus facilement valorisés dans ce secteur.

III) Usage des algues en alimentation et en diététique

En alimentation animale et humaine, de longues traditions existent. Elles portent sur plus de 20 espèces dans presque tous les pays du monde. En net recul dans le monde occidental, la consommation des algues est importante et en progrès en Orient ; plusieurs grammes d'algues sèches par habitant et par jour au Japon. Cette utilisation est très importante dans le domaine économique.

L'intérêt diététique ne semble pas lié à l'apport calorique (glucides ou protéines représentés en quantité faible ou modérée), mais plutôt à un apport en oligoéléments concentrés par rapport à l'eau de mer et en substances diverses à propriétés pharmacologiques intéressantes, parfois aperçues, mais non définies, dont l'effet global semble être de stimuler les défenses des organismes affaiblis (hommes, animaux et végétaux).

Il est indispensable de préciser tous ces aspects.

IV) Usage des algues dans les secteurs agricoles et aquacoles

1° - Utilisation actuelle

L'utilisation des algues comme engrais est très ancienne ; beaucoup plus récente est l'emploi des extraits d'algues (*Ascophyllum nodosum*, *Laminaria*, *Fucus*) comme régulateur ou stimulateur de croissance. Apparemment cet usage a commencé en Angleterre où la firme Maxicrop a commercialisé, dans ce but, un extrait d'algues au début des années 50. Par la suite, de nombreuses sociétés petites ou moyennes ont fabriqué des produits similaires (Marinure, S.M. 3, Seasol, Algistim, etc.).

En France, la Société GOEMAR a mis au point un procédé d'extraction original et propose un certain nombre de spécialités. L'utilisation de ces produits s'est répandue aux USA, en Nouvelle-Zélande, en Australie et dans une bonne partie de l'Europe continentale. A la lecture de publications disponibles sur le sujet, il est indéniable que les extraits d'algues ont un effet variable suivant le type de culture, les sols, les climats. La nature même de cet effet reste un sujet de controverse : l'apport en oligo-éléments semble négligeable, on invoque souvent l'existence de propriétés phytohormonales. En fait, un effort de recherche important reste à faire.

2° - Utilisation possible

A côté de cet usage, d'autres emplois de substances extraites d'algues sont envisageables :

- Substances antibiotiques :

Il ne semble pas que les antibiotiques des algues soient utilisables en médecine humaine, par contre ils pourraient l'être en phytopharmacie et/ou en alimentation animale. Leurs usages peuvent être également envisagés en aquaculture.

- Substances insecticides :

Parmi les nombreuses substances halogénées des algues, certaines présentent des propriétés insecticides. C'est le cas notamment des monoterpènes des *Plocanium*. Les substances ichtyotoxiques (souvent également insecticides ou antiappétantes) devraient être mieux étudiées en fonction de leur utilisation possible dans la lutte contre les insectes.

- Substances antihelminthiques

L'acide kaïnique (abandonné en médecine humaine) pourrait être utilisé en médecine vétérinaire.

B - ANALYSE DES RAISONS DU FAIBLE DEVELOPPEMENT DES CONNAISSANCES

Au total, peu de molécules à activité biologique reconnue ont été isolés des algues. Cette situation a de multiples causes :

- le manque de données sur des usages empiriques des algues,
- les difficultés rencontrées pour effectuer des "triages pharmacologiques" sur des extraits bruts,
- le manque fréquent de reproductibilité des effets observés, lié au cycle de reproduction et/ou aux conditions écologiques de croissance,
- la relative nouveauté des études concernant les métabolites secondaires des algues et corrélativement le faible potentiel consacré à ces recherches, tout particulièrement en France où ce type de recherche n'est pas encouragé (moins de 50 chercheurs tant des secteurs public que privé),
- les difficultés rencontrées pour étudier ces composés :
 - . matériel biologique d'accès difficile et de conservation malaisée,
 - . produits souvent difficiles à purifier et de plus instables,
- la priorité accordée aux études de chimie structurale et corrélativement le manque d'études des propriétés biologiques des substances isolées des algues.

C - EQUIPES ET THEMES ABORDES

1) Equipes universitaires

- | | | |
|--------------------------------|---------------|--|
| - Pesando (Villefranche/Mer) | Phytoplancton | - Antibiotique, antifongique |
| - Pelligrini (Marseille) | Macrophyte | - Antiparasitaire |
| - Bonin (Marseille, Cadarache) | Microphyte | - Acides aminés, vitamines |
| - Teste, Codomier (Perpignan) | Macrophyte | - Antibactérien, antifongique, antitumoraux |
| - Catayé (Montpellier) | " | - Immunomodulateur |
| - Girard (Montpellier) | " | - Bronchodilatateur, antitumoraux |
| - Verbist (Nantes) | " | - Antimitotique |
| - de Roeck (Nantes) | " | - Dermatologie, vecteur d'éléments |
| - Chevolot (Brest) | " | - Anticoagulant, insecticide, stimulateur de métamorphose |
| - Kloareg (Roscoff) | " | - Etude des polysaccharides (utilisation éventuelle comme héparinomimétique) |
| - Bodard, Lefebvre (Lille) | " | - Stimulateur de croissance |
| - Vaquette, Nicod (Besançon) | " | - Antibactérien, antifongique |

II) Laboratoires privés (représentés)

- Laboratoire Daniel Brunet : constipation, traitement des hémorroïdes
- Laboratoire Goëmar : stimulateur de croissance, cosmétologie
- Laboratoire Sobalg : cosmétologie

D - LES PERSPECTIVES

Parmi les équipes citées, certaines d'entre elles ont pu établir des collaborations pluridisciplinaires fructueuses souvent au prix de difficultés sérieuses. Cette voie de recherche pluridisciplinaire doit être développée.

Si l'on désire que la valorisation des substances biologiquement actives des algues puisse trouver un développement en France, il est vital de créer une structure permettant de décroiser les disciplines en favorisant les contacts entre biologistes, chimistes, pharmacologues, médecins et agronomes. Cette structure pluridisciplinaire devra être mise en place avec le concours des ministères et des grands organismes de recherche concernés et une politique nationale doit être définie dans ce domaine avec les moyens afférents.

Cette action est d'autant plus urgente à mener que le 5ème Symposium IUPAC sur les produits naturels d'origine marine doit se tenir en France en 1985. Il serait dommage que le pays organisateur y soit par trop modestement représenté.

Les participants à la table ronde ont également insisté sur les points suivants :

- . Etant donné qu'il n'existe pas d'organisme public de screening pharmacologique et que la création d'un tel organisme dépasse largement le cadre de ce colloque, il serait souhaitable que les screenings réalisés soient plus largement publiés et mieux exploités. Dans ce but, il apparaît nécessaire d'établir un "listing", si possible informatisé, des différentes algues présentant une activité biologique (résultats de screenings antérieurs, rapports sur des usages empiriques, etc.) avec un indice de crédibilité.
- . Cependant, il est apparu que les opérations de screening restent nécessaires, elles pourraient être effectuées dans le cadre de la structure dont la création a été évoquée précédemment.
- . Enfin, étant donné que les applications en médecine humaine ne sont envisageables qu'à long terme, il apparaît souhaitable de ne pas oublier les utilisations dans des domaines connexes moins exigeants : pharmacie vétérinaire, phytopharmacie, cosmétique.

TABLE RONDE A 5 *

ÉNERGIE (MÉTHANISATION, PRODUCTION D'HYDROCARBURES ...)

Rapporteur : Ph. MORAND

L'exploitation à diverses fins des algues et autres végétaux aquatiques posent des problèmes de rentabilité et celle-ci est donc faite en vue d'obtenir des produits à haute valeur marchande. Néanmoins il peut y avoir des conditions dans lesquelles les coûts de revient de la matière première sont faibles. Une valorisation énergétique devient alors envisageable, d'autant plus si la nature, le milieu, ou la qualité de la biomasse récupérée ne permet pas son utilisation par une filière conduisant à de tels produits.

Dans un premier temps, et à partir des conclusions des journées d'étude A F M E de VALBONNE, les sources possibles de végétaux aquatiques répondant à ces conditions ont donc été recensées. Un aperçu des recherches et études en cours sur le thème a été donné. Les travaux encore nécessaires pour que ces sources puissent donner lieu à une valorisation énergétique ont ensuite été envisagés.

LES SOURCES DE VEGETAUX AQUATIQUES

1- Les techniques d'épuration par lagunage produisent des microphytes et des macrophytes qui doivent être exportés du milieu sous peine de produire par dégradation une autre forme de pollution.

Les déchets d'ulves ou d'autres algues sur les côtes donnent lieu à des pollutions, leur conférant, en cet état, une valeur négative. Elles peuvent être récupérées ou exploitées avant que les rejets n'aient lieu. De même sur la côte méditerranéenne, les posidonies sont source d'une biomasse importante.

2- La récupération de calories qui proviennent d'eau de refroidissement ou d'eau résiduaire de procédés industriels permet à peu de frais en raison de la productivité induite la culture d'une importante quantité de biomasse.

3- L'entretien et l'exploitation des zones humides (couvrant 1% du territoire métropolitain) peut fournir également une biomasse considérable.

4- La technique de culture en fermes marines une fois mise au point et dans des lieux favorables peut à long terme et sous réserve d'une économie d'échelle donner naissance à une exploitation énergétique (éventuellement associée à une autre finalité).

5- Le bon rendement photosynthétique des microalgues aboutira à des cultures de celles-ci en milieu clos régulé, réacteur thermostatique ou bassin de lagunage, dont des pilotes existent déjà.

La bioconversion directe de l'énergie solaire donnera naissance à des capteurs solaires à cultures circulantes de microalgues ou à cellules fixées, les premiers fournissant de la biomasse en même temps que des produits à haute et moyenne valeur ajoutée ou haute valeur énergétique, les seconds uniquement ces produits.

Plus sophistiqués, ces capteurs pourront ne contenir que les parties de cellules actives pour la photosynthèse et la production recherchée.

LES TRAVAUX EN COURS

1. Ressources

Des lagunes d'épuration en traitement complet ou tertiaire sont actuellement suivies pour leur production de biomasse (micro et macrophytes) en grandeur réelle ou en pilote (CEMAGREF LYON, Université de MONTPELLIER, Université de SAVOIE, Institut Européen d'Ecologie, ...).

Des cultures sur eaux chaudes ont été expérimentées avec jacinthe d'eau principalement, mais celles-ci nécessitent des abris (CEA PIERRELATE, CEA GRENOBLE, EDF ST-LAURENT-DES-ÉAUX, INRA). Elles l'ont été aussi sur des plantes indigènes pouvant permettre un investissement moins grand.

L'étude des zones humides est également entreprise pour connaître leurs possibilités de productions, dans le cadre de leur gestion (Marais de CARENTAN, DOMBES, étangs du LANGUEDOC). L'habitude de récolter les "blaches" (phragmites, carex) existe encore partiellement dans certaines régions.

Une expérience en ferme marine à fin de valorisation énergétique est financée par la CEE dans trois pays européens.

2. Récolte

Les techniques de récolte sont le plus souvent encore à l'étude (CEMAGREF NIMES, IRH NANCY, Station de MEZE). Il ne semble pas que des récoltes systématiques de la production obtenue dans les lagunes ou en milieu naturel soient entreprises. Divers appareils ont néanmoins été conceptualisés, certains conçus. Il en existe, pour les macrophytes, en service à l'étranger (Angleterre, Etats-Unis, Canada).

3. Méthanisation

Pour les voies biologiques de valorisation énergétique, la méthanisation a été bien étudiée en laboratoire sur un certain nombre d'espèces (enteromorphes, ulves, jacinthe d'eau...) (Université de LILLE, INRA VILLENEUVE-D'ASCO, INRA NARBONNE, EMC/SCPA, CEA GRENOBLE, Ass. d'algologie appliquée PLEUBIAN). Il s'avère qu'elle devrait être facilitée par un prétraitement permettant de liquifier les végétaux. La méthanisation des algues paraît plus intéressante à basse température compte tenu des ensemencements de souches possibles. L'adjonction de tels substrats à d'autres, tels que lisier (ST-CAST-le-GUILDO), est à l'étude pour déterminer s'il serait possible d'abaisser la température de méthanisation de ces autres substrats. D'autre part le rôle capital du mannitol et du cobalt permet d'espérer une amélioration de la fermentation par addition d'algues. La conception du digesteur lui même ne pose pas de problèmes spécifiques (sauf éventuellement éviter le colmatage des lits bactériens).

4. Combustion ou autre voie thermochimique

Pour la combustion une expérience Suédoise de récupération de roseaux a été arrêtée, la valorisation énergétique de ceux-ci ne s'étant pas avéré valable. En France, des massettes (*Typha sp.*) provenant des lagunes de Porquerolles sont utilisées avec d'autres produits de récupération pour alimenter un gazogène.

5. Conditionnement - Prétraitement

Des systèmes de pressage de la biomasse humide sont à l'étude (CEMAGREF ANTONY, CREUSOT-LOIRE). Ils pourraient permettre de combiner les deux types de valorisation, biologique par méthanisation sur les jus, thermique par combustion sur les solides séchés (peut être simplement sous forme de briques) (tel que c'est pratiqué pour les résidus des pommes après pressage) ou un type de valorisation énergétique et un autre alimentaire, chimique, etc...

Outre ce système, d'autres prétraitements pour rendre les végétaux accessibles au traitement par méthanisation ont été étudiés: broyage, ultrasonification, hydrolyse chimique ou enzymatique (INRA NARBONNE). Ils s'avèrent pour le moment trop coûteux en vraie grandeur.

6. Bilan économique et énergétique

Les études ou estimations économiques sur des filières complètes (ressources, récolte, prétraitement/traitement, utilisation), incitent encore à la prudence. Il ne semble pas que, dans les conditions économiques actuelles, seule l'utilisation énergétique de la biomasse conduise à un bénéfice ou un déficit. Il importe de prendre en compte d'autres éléments: coût négatif des nuisances retirées, possibilités d'indépendance, intégration dans une économie. En réalité, la valorisation énergétique de végétaux aquatiques constitue, le plus souvent, un gain pour la société, mais compte tenu des circuits économiques et financiers, n'est pas intéressante financièrement pour l'individu ou l'industriel.

7. Bioconversion directe de l'énergie solaire

Des pilotes de cultures de microalgues sont en cours d'expérimentation (Université de PARIS VI VILLEFRANCHE-SUR-MER).

En ce qui concerne la biotechnologie solaire, Botryococcus braunii, microalgue produisant des hydrocarbures, fait l'objet de recherches intensives au stade fondamental et appliqué (ENSCP, Ecole Normale Supérieure, CEA CADARACHE), pour son utilisation en capteur à circulation ou fixé. D'autres algues ou organites sont recherchées (Muséum) ou utilisées de façon à obtenir des produits à haute valeur ajoutée (carraghénanes, acide gras, ...), de l'hydrogène ou de l'ammoniac (CNRS GRENOBLE, CEA CADARACHE, Université Technologique de COMPIEGNE, Université Paul Sabatier de Toulouse, ENSCP). Les études se regroupent en partie au sein de l'association pour la recherche en biotechnologie solaire.

LES DIRECTIONS DE TRAVAIL

1. Expérimentations in situ

Il existe des possibilités d'utilisation énergétique des végétaux aquatiques et le temps est venu de pouvoir proposer un choix de filière en fonction des conditions locales particulières: ressources, récolte, prétraitement, utilisation (exemple: Epuration, filtration, hydrolyse, méthanisation).

Pour cela il faut dès aujourd'hui mener des expériences, portant sur l'ensemble d'une filière, in situ, pour pouvoir établir les comparaisons et prendre le risque de les effectuer en vraie grandeur.

Cela est d'autant plus nécessaire qu'une récolte bien menée (période, système, ...) peut favoriser la production.

Ces expériences ne devront pas intéresser seulement le territoire métropolitain, les conditions pouvant s'avérer favorables dans les DCM-TCM.

2. Prétraitement

Doivent être étudiés le broyage et les traitements mécaniques en général, les traitements chimiques, enzymatiques - actuellement ces derniers ne sont pas optimisés pour le type de biomasse: végétaux aquatiques - (à aborder par la connaissance des mécanismes de dégradation en milieu naturel).

Parallèlement, des études complémentaires et expériences sur le pressage conduisant à du jus et du sec doivent être menées pour savoir si ce type de démarche n'est pas économiquement plus intéressante compte tenu d'un traitement ultérieur différent des deux parties.

3. Méthanisation

La recherche doit porter sur la fermentation à basse température et l'utilisation des algues pour permettre la fermentation d'autres substrats à basse température, les technologies de digestion des matières solides, les mélanges en général.

4. Valeur des sous-produits

Les déchets de digestion et cendres doivent faire l'objet d'une recherche particulière pour déterminer leur utilisation ou leur acceptation par le milieu. une bonne intégration des systèmes de valorisation dans leur environnement doit par ailleurs être recherchée.

5. Bioconversion directe de l'énergie solaire

Conception des réacteurs en fonction des algues

A l'heure actuelle les appareils de laboratoire et les petits pilotes n'intègrent pas la plupart du temps les dimensions spécifiques aux algues (photosynthèse, ...).

Techniques et matériaux d'immobilisation

L'étude des matériaux, devra aboutir à la définition de prépolymères de faible toxicité et de bonne transparence et leur influence sur le métabolisme devra être connue. Des prototypes de culture doivent être faits.

Orientation du métabolisme

La connaissance du métabolisme et de sa régulation doit être développée, ce qui permet de l'orienter en vue d'obtenir un maximum des produits recherchés.

6. Recherches fondamentales

En accompagnement des axes indiqués, il reste toujours à améliorer les connaissances sur le matériel biologique utilisé (notamment génétique, cycles de culture).

TABLE RONDE A 6 *

AROMES ET COLORANTS (A6-1)

Rapporteur : A. MENASSA

1° INTERETS LIES AUX MARCHES

Intérêt évident quand on analyse le marché des arômes et colorants ; marché en pleine expansion qui suit étroitement le développement des produits alimentaires au sens large et de celui de la pharmacie et de la cosmétique.

- Les Arômes et colorants :
- marchés de grande ampleur dans les I. A. A., liés à l'évolution de la législation traduisant l'évolution de la mentalité des consommateurs des pays industrialisés,
 - marchés également de plus grande ampleur liés aux marchés des aliments du bétail ; en effet, on tend de plus en plus à utiliser des matières premières récupérées par valorisation de sous-produits et déchets d'où la nécessité d'arômes ou d'agents de sapidité.
 - marchés de l'industrie pharmaceutique : coloration des pilules.
 - marché de la cosmétique ; essentiellement les produits aromatisants.

2° LES CONTRAINTES LIEES AU DEVELOPPEMENT DE CES PRODUITS

- Evolution de la législation qui traduit l'évolution de la mentalité des consommateurs des pays industrialisés. Gros besoins en colorants et agents de sapidité naturels.
- Compétition des industries de la synthèse ou des semi-synthèses ; compétition des procédés biotechnologiques : excrétion de métabolites par des cellules en culture (fixées ou non).
- Compétition évidente des industries d'extraction ou de transformation à partir des végétaux terrestres.
- Gros handicap pour les colorants d'extraction par rapport aux molécules de synthèse, en effet, les extractions permettent d'obtenir des poudres cristallisées ou des liquides pas très purs chimiquement (hétérogènes) et pas très bien définis...
- Handicap lié aux formes de solubilités des colorants et arômes :
 - hydrosolubles,
 - liposolubles.
- Handicap lié à la thermo-sensibilité et au caractère oxydable des molécules.

* une dizaine de participants

3° LES FILIERES D'EXTRACTION DES AROMES ET COLORANTS

Opérations technologiques unitaires

COLORANTS

- Lavage (dessablage)
- Broyage mécanique, dispersion,
- Solubilisation aqueuse,
- séparation des protéines par précipitation $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, isoélectrique.
- Centrifugation,
- extraction aux solvants
ou
filtration sur colonne
- Concentration par osmose, inverse, ultrafiltration, lyophilisation.

ALGUES

- Lavage (dessablage)
- Broyage mécanique, dispersion,
- Solubilisation aqueuse,
- Séparation par distillation sélective.

Aspects techniques et économiques

- prix de la matière première (contribution marginale plus importante pour les colorants car le prix des produits finis est plus faible que celui des arômes.)
- composante énergétique (% du prix de revient)
- problèmes des sous-produits et co-produits d'extraction ; éviter les pollutions et valoriser les déchets, méthanisation et/ou compostage,
- Les créneaux des marchés sont étroits ; combien d'installations en France, ou en Europe, compte tenu de la taille prévisible de celles-ci et de leur nécessaire concentration.
- Niveaux d'investissement très élevés pour ces unités.

4° QUELQUES REALISATIONS ET/OU PERSPECTIVES

- **Colorants** : - colorants bleu, phycocyanines de la spiruline. Brevet I. F. P., Société Opraal en Guadeloupe.
-- caroténoïdes (xanthophylles) : pas de réalisation car produits oxydables, photosensibles.
- Marenine, colorant bleu extractible à partir de Navicula ostrearia.

- **Arômes** : (généralement des terpènes et aldéhydes volatiles).

- . arômes (parfumerie) à partir d'anémones de mer (Société Mann). A partir de Fucus des bases pour parfums (Mann et Bertrand).
- . On connaît les caractéristiques indésirables qui sont imputables à certaines microphytes :
 - goût de moisi,
 - goût de poisson (Ceratium),
 - goût de concombre,
 - arôme de violette ou de géranium (diatomées).
- . Algues en tant que exaltateur d'arômes, de nombreux tests organoleptiques paraissent avoir été réalisés sur des produits alimentaires divers (patés, foies gras ...).
- . Algues en tant que agent de texture des produits panifiés.

- Condiments :

- . Utilisation en Extrême Orient de certaines algues :
vertes : caulerpa : goût de poivre,
rouges : condiments.
- . En tant que facteur d'appétance pour les limaces (Société CLEMENT)
- . Quelle stratégie à moyen terme adopter ?
 - partir d'un besoin du marché et extraire la molécule correspondante à partir de la biomasse,
 - partir de la biomasse, et fabriquer un produit nouveau tout en créant le marché.

CONCLUSION

Les deux optiques se rejoignent au niveau de la nécessaire évaluation du gisement : quantité, qualité.

C'est "l'analyse fine" des constituants qui doit permettre la valorisation. Cette analyse exhaustive doit être réalisée par les laboratoires de recherche fondamentale. Or ces recherches sont coûteuses, donc, rôle incitatif des pouvoirs publics pour réaliser l'incitation à la recherche et effectuer la coordination entre les besoins du marché, l'industrie - innovation - et la recherche fondamentale.

RADIOÉLÉMENTS ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES (A6-2)

Rapporteur : P. GERMAIN

La radioécologie marine étudie les interactions entre les radio-nucléides et les constituants du milieu marin.

Les algues présentent un grand intérêt :

- en tant que bioindicateurs car elles fixent fortement un grand nombre de radioéléments présents ou rejetés en milieu marin ; elles sont abondantes en biomasse et ubiquistes ;
- Elles peuvent constituer une voie de transfert vers l'homme par les engrais, les produits de transformation ;
- elles sont un des maillons du cycle biogéochimique des radioéléments.

Le facteur de concentration, défini comme le rapport de la teneur d'un élément dans le support frais à celle de l'eau de mer, constitue la formulation la plus utilisée pour exprimer le pouvoir d'accumulation des organismes pour un élément donné. Ainsi, globalement, les algues concentrent 5 000 fois le cérium, 100 fois le césium, 10 000 fois le plutonium, 2 000 fois le ruthénium.

Cependant, les taux et les modalités de fixation sont tributaires d'un certain nombre de paramètres extrinsèques, nature des sources (retombées d'explosions nucléaires, centrales nucléaires, usines de retraitement...), qualités physicochimiques des radioéléments, facteurs du milieu (S %, pH, T°, lumière...) et de paramètres intrinsèques (phyl ogénétiques, morphogénétiques...)

- Problèmes d'épuration moléculaire sélective de produits marqués ;
- Radioéléments = tracteurs pour études métaboliques.

TABLE RONDE B 1 *

FORMATION ET RECRUTEMENT DES SPÉCIALISTES
VULGARISATION ET TRANSFERT DES CONNAISSANCES

Rapporteur : C. BERKALOFF

I Formation de spécialistes

A- Formations existantes

D.E.A. Algologie Paris (1 année d'études consacrée entièrement à l'étude des algues et des techniques de laboratoire permettant leur approche)

Nombre d'étudiants limité à 8 par an.

- Options dans divers D.E.A ou D.E.S.S. donnant lieu suivant les formations à un volume d'enseignement variable sur le sujet :

- . D.E.S.S. Culture marine Caen (1/4 du temps annuel consacré aux végétaux marins)
- . D.E.A. Ecologie aquatique, Montpellier
- . D.E.A. Production végétale et microbienne, Lille
- . D.E.A. Chimie, option chimie marine, Brest.
- . D.E.A. Océanographie, option écologie marine, Marseille
- . D.A.A. Halieutique, Rennes stages de D.A.A.

- Niveau maîtrise :

- Enseignement sur la biologie ou la physiologie des algues dans diverses maîtrises de Biologie ou d'Océanographie (module Cryptogamie, Paris VI ; Cours sur physiologie des Algues, maîtrise d'Océanographie, Marseille ; maîtrise sur végétaux d'importance économique, Perpignan ; etc...)
- Enseignement sur végétaux aquatiques en rapport avec la pollution deux maîtrises de Sciences et Techniques (Filière eau : Montpellier
Air Eau : Chambéry)
- Stage sur les végétaux halophiles et les algues (2 options) d'une durée de 3 semaines donnant lieu à un diplôme d'université (Caen)

12 participants

- Stages interuniversitaires d'algologie dans divers laboratoires maritimes
(Roscoff, Banyuls, Villefranche)

Notons au passage que ces diverses structures ainsi que divers laboratoires de recherche accueillent régulièrement des étudiants étrangers venus parfaire leur formation en France

B- Formations en projet :

. D.E.S.S., Nantes

Groupe interuniversitaire de 6 universités pour formation permanente de haut niveau

C- Débouchés existants :

1) Embauches sur les derniers 5 ans à notre connaissance en algologie

CNRS : Biologie végétale, 3; Ecologie, 1; Océanographie, 1;	5 postes en tout
Institut des Techniques de la Mer Cherbourg	1 poste
Institut des Hautes Etudes	1 poste ?
I S T P M	1 intégration
CNEXO INRA INSERM ...	0
Pleubian	3 (contrats de durée indéterminée)

2) Contrats possibles avec divers organismes

C.E.A., CNEXO, C.E.E., E.D.F., industries pétrolières, C.E.C.A, Goëmar, diverses industries privées, collectivités locales, études d'impact, ...

D- Secteurs où se manifestent le besoin de spécialistes de végétaux aquatiques

- Identification de matériel de base et inventaires
(études d'impact)
- Connaissance biologique ou biochimique du matériel,
- Prospective,
- Technologie des algues.

Les demandes sont souvent ponctuelles, limitées dans le temps. Il serait donc très important de créer des centres coordinateurs. Signalons à ce sujet le grand intérêt de la création d'un Centre National d'Algologie appliquée. On ressent également la nécessité de centres d'expertises taxonomique, le seul existant à l'heure actuelle étant celui du Museum dont les moyens sont limités.

Recherche-Industrie

Les relations avec l'industrie n'existent pour le moment qu'en certains lieux et pourraient être grandement développés en particulier dans les secteurs suivants :

- Industries médicales pharmaceutiques et parapharmaceutiques,
- Aquaculture,
- Environnement, conservation des milieux naturels: (Implantation de Posidonies par exemple).

La spécialisation de quelques jeunes chercheurs dans le domaine de l'information chercheurs-secteur appliqué pourrait être envisagée. Des contacts réguliers avec le Comité Interprofessionnel des Algues marines à Brest pourraient être très profitables. Des aides à l'innovation ANVAR pourraient aussi être envisagées. Des actions de formation permanente pourraient aider les contacts industrie-formation universitaire.

Toutefois, notons qu'il semble n'exister à l'heure actuelle aucune industrie des algues envisageant d'engager sur des postes fixes de jeunes chercheurs issus de l'Université. Ceci indique que le simple fait de donner à une partie des étudiants une formation appliquée, à priori plus adéquate pour ce type de recrutement, ne leur ouvrirait guère pour autant des postes dans le privé.

Ce type de formation devrait par contre leur permettre l'accès à un futur centre d'Algologie appliquée, centre qui pourrait servir de structure charnière entre la recherche publique et l'industrie. En l'absence d'une telle structure, remarquons l'ambiguïté qui existe à l'heure actuelle entre l'intérêt de former des étudiants dans le domaine appliqué, mais la quasi impossibilité de leur faire effectuer des thèses de 3ème cycle dans ce domaine, sous peine de leur fermer pratiquement dès l'abord les portes du CNRS.

En conclusion, malgré le faible nombre d'étudiants formés, la situation actuelle au niveau de l'embauche est très mauvaise, pour ne pas dire catastrophique. Nous espérons que ce colloque sera l'occasion d'une prise de conscience sur ce problème par les divers organismes officiels qui le patronnent.

Une réelle valorisation de la recherche sur les végétaux aquatiques passe par la création de débouchés réguliers pour les jeunes chercheurs. Etant donné l'état de nos connaissances sur les algues, une priorité pourrait être décidée en recherche fondamentale, permettant à moyen terme une meilleure valorisation.

II- Formation permanente

A Banyuls s'est tenu au cours de l'été 1982 un cours intensif postuniversitaire d'algologie (1 mois) qui rassemblait des enseignants et étudiants de 9 pays européens sous l'égide du Conseil de l'Europe (aides CNEXO, PIRO, UNESCO).

III- Vulgarisation

Un gros effort d'information du public et des industriels est fait dans certaines régions.

(Brest : Colloque Biologie et utilisation des algues- 5 novembre 1981 ; publié dans Penn Ar Bed, Juillet 1982).

Paimpol : Maison des Algues. Conférences vers les élus, les enseignants...
dégustation d'algues...

Fascicules Ouest-France sur la végétation marine

Perpignan, Banyuls : Cours UNESCO).

Dans ce cas aussi la spécialisation d'un ou plusieurs jeunes algologues dans ce contact chercheurs-public pourrait être très profitable.

TABLE RONDE B 2

AMÉLIORATION DES RENDEMENTS (INFLUENCE DES FACTEURS DE PRODUCTION)

Rapporteur : D. BONIN

17 personnes ont participé à cette table ronde, représentant les:

CEA (Cadarache et Grenoble)
Centre d'Expérimentation et de Recherche appliquée en Algologie de Pleubian
CNEXO
CNRS
Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris
INSERM
Trois Universités (AIX-MARSEILLE II, PARIS-SUD, Pierre et Marie CURIE).

Compte tenu de la composition de la table ronde, l'essentiel des réflexions a porté sur des questions relatives à la connaissance que l'on a de la physiologie des algues et à l'impact que peut avoir cette connaissance sur une amélioration de la production.

PRESENTATION DU PROBLEME

La composition biochimique des algues et leur aptitude à fournir des composés utilisables dans les chaînes alimentaires et à des fins industrielles varient, non seulement en fonction des espèces considérées mais aussi en fonction des conditions culturales et climatiques au moment de la collecte.

EXEMPLES D'ACCUMULATION DE CERTAINS PRODUITS

I. DANS DES CONDITIONS DE CULTURES PARTICULIERES

1) Les teneurs relatives en triglycérides augmentent lorsque se produisent une carence en N, P, S, Si, (chez les Diatomées), une augmentation de l'intensité lumineuse, une variation de la température. Ces augmentations de la teneur en lipides peuvent correspondre chez certaines algues vertes à des teneurs dépassant 70 % de la biomasse algale.

2) La production des caroténoïdes est elle-même facilitée chez différentes algues appartenant à différents taxons par une élévation de la salinité et de l'intensité lumineuse, un pH faible, une carence en phosphore et surtout en N.

3) De même une carence en N, une élévation de la température et de l'intensité lumineuse entraînent, à une augmentation de la teneur relative en glucides.

Nota: Le problème est que cette accumulation préférentielle de certains composés s'accompagne généralement d'un ralentissement, voire d'un arrêt de divisions cellulaires. Il en résulte que malgré des teneurs quelquefois spectaculaires en lipides, leur synthèse dans ces conditions de carence, n'est pas toujours beaucoup plus élevée que celle que l'on observe au cours d'une croissance normale sous conditions non carencées. Une solution possible pour surmonter cette contradiction consiste à réaliser des cultures semi-continues avec une alternance de conditions carencées et non carencées.

II. INHERENTES AU METABOLISME DE L'ESPECE

1) Cas de Botryococcus braunii

Cette algue verte accumule normalement de grandes quantités d'hydrocarbures: de 15 à 75 % de poids sec, au lieu de 0,1 à 1 % chez la quasi totalité des autres algues.

Même si une modification des conditions culturales (forte intensité lumineuse, augmentation de la salinité, diminution du rapport N/P dans le milieu de culture) favorise la production d'hydrocarbures on constate que l'accumulation d'hydrocarbures est observée même en phase d'accroissement exponentiel, donc en absence de toute carence en éléments biogènes.

2) Certaines espèces d'algues sont également capables de synthétiser des acides gras et notamment des triglycérides en absence de toute carence. Plusieurs études sont en cours sur ces questions actuellement en France (notamment à l'ENSCP et au CEA).

DISPONIBILITE DU CARBONE MINERAL ET EFFICACITE DE LA CONVERSION PHOTOSYNTHETIQUE

La disponibilité du carbone minéral intervient directement sur la productivité des systèmes photosynthétiques.

Dans les eaux marines naturelles, le CO₂ est essentiellement sous forme de bicarbonates il en résulte qu'il existe peu de fuites de CO₂ vers l'atmosphère. Compte tenu de la charge naturelle en azote et en phosphore minéral, le carbone minéral n'est que très rarement le facteur limitant de la production en pleine eau. Cependant l'apport de carbone est nécessaire lorsque l'on augmente la charge en sels nutritifs. Il en est autrement dans les eaux douces et tout particulièrement aux pH acides, car l'équilibre des différentes formes du carbone minéral se déplace vers le CO₂ dissous. Il en résulte que les échanges du carbone minéral avec l'atmosphère sont facilités. En cas d'insuffisance des échanges avec le milieu aérien, le CO₂ peut devenir très rapidement un facteur limitant de la production dans un système d'aquaculture isolé du milieu naturel. D'où l'intérêt d'une augmentation des échanges par agitation notamment. Il semble que ces cinétiques dynamiques d'échanges entre les milieux aérien et liquide soient en fait encore mal connus en présence d'activité photosynthétique, il en est de même pour les différentes formes de CO₂ dans le milieu aqueux en fonction de la température et de la charge en sels notamment. Un abaissement artificiel du pH dans les eaux douces permet une utilisation du carbone minéral, sous forme de CO₂, avec une énergie moindre que sous la forme de bicarbonate, mais l'intérêt de cette propriété des algues est illusoire en culture intensive, avec enrichissement en CO₂, puisque le carbone est alors sous une forme plus facilement "perdue" par échange avec le milieu aérien.

La charge en CO₂ qui intervient directement sur le pH retentit aussi d'une manière indirecte sur la capacité d'absorption au travers de la membrane d'autres ions biogènes NO₃, NH₄, PO₃.

Cependant les algues semblent s'adapter avec une bonne efficacité à de faibles teneurs en CO₂ par:

- 1) leur capacité à synthétiser une anhydrase
- 2) leur possibilité d'accumuler des bicarbonates à l'intérieur des cellules facilitant l'activité des carboxylases
- 3) l'utilisation de différentes voies de carboxylation.

Les algues semblent présenter des voies originales de carboxylation par rapport à celles rencontrées chez les végétaux supérieurs et qui même si elles impliquent l'existence d'enzymes rencontrées également chez les végétaux supérieurs, sont encore très mal connues pour ce qui est de leurs mécanismes intimes.

Il conviendrait donc d'étudier ces mécanismes et de quantifier les processus de pertes par photorespiration, liée au cycle en C₃. En effet à l'heure actuelle les résultats dont on dispose sur tous ces processus chez les algues sont peu nombreux, assez disparates et portent nature à des interprétations divergentes. Ils commencent à être étudiés dans quelques laboratoires.

INFLUENCE DE LA PHOTOPERIODE

L'influence de la longueur des périodes d'éclairement ne peut être dissociée de l'intensité lumineuse et de l'énergie globale distribuée au long du cycle nyctheméral.

Sans doute, l'obscurcissement progressif ou l'éclairement progressif entre les périodes claires et les périodes sombres jouent-ils un rôle qui a été vraisemblablement sous-estimé jusque là dans la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique.

L'influence de la qualité lumineuse associée à la photopériode devrait jouer aussi un rôle plus important a priori que celui que l'on a bien voulu considérer jusque là (lors des processus de germination par exemple).

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE

Grande capacité des algues et des unicellulaires en particulier à compenser la baisse de l'activité des réactions enzymatiques par une augmentation de molécules d'enzymes mises en jeu. Ce qui se traduit d'ailleurs par une augmentation relative de la charge en protéines observée aux faibles températures.

Une élévation de la température, jusqu'à certaines limites, améliore cependant d'une manière générale, la capacité photosynthétique (tout en remarquant que cette élévation de température peut orienter la synthèse préférentielle de certaines molécules).

De plus, il y a intérêt dans les systèmes de productions expérimentaux à élever la température jusqu'à cette limite durant les périodes claires et à la diminuer durant les périodes sombres afin de diminuer les pertes de matière dues à la respiration mitochondriale.

PERSPECTIVES

1) Il est absolument nécessaire de continuer des recherches d'"amont" sur la physiologie des algues, notamment pour ce qui a trait :

- à la connaissance des processus de carboxylation et de pertes par photorespiration et respiration mitochondriale
- à la recherche de nouvelles espèces riches (qualitativement et quantitativement) en lipides ou en polysaccharides
- à l'influence des paramètres de culture sur la production des composés potentiellement valorisables (hydrocarbures, dérivés d'acides gras, polysaccharides, par exemple)
- à l'étude du mécanisme de la biosynthèse de ces composés et de la régulation de leur métabolisme.

2) Ces études doivent être effectuées en priorité sur des espèces qui présentent un intérêt économique.

3) D'où la nécessité d'une "structure charnière" qui permettrait de mieux orienter les recherches d'amont, en fonction des besoins actuellement reconnus pour une amélioration de la productivité des algues présentant déjà un intérêt économique reconnu.

4) Cette "structure" devrait notamment encourager les échanges entre "fondamentalistes" et les organismes publics ou parapublics s'intéressant à la valorisation des algues.

5) Elle serait attentive à la fois aux priorités telles qu'elles peuvent être définies par les instances politiques et économiques et aux travaux effectués par les fondamentalistes qui intéressent les mécanismes physiologiques des algues.

6) Elle pourrait encourager le développement ou la création d'un (ou de) Centre (s) de recherches appliquées, (type INRA, ou ARBS = Association pour la Recherche en Bioénergie Solaire)

- 7) Ce (ou ces) Centre (s)
- seraient des "lieux de rencontre des idées"
 - favoriseraient la mise en oeuvre de techniques appropriées
 - pourraient fournir des plantules d'algues d'intérêt économique reconnu
 - pourraient contribuer à la conservation et à la production pilote d'algues à potentiel économique.

TABLE RONDE B 3

AMÉLIORATION DES RENDEMENTS (CYCLES DE VIE ET VARIABILITE GÉNÉTIQUE)

Rapporteurs : M. BRANCHARD, R. DELEPINE

Une trentaine de personnes ont assisté à cette table ronde dont un industriel. La grande diversité du matériel étudié ainsi que les préoccupations fort variées des participants sont ressorties de l'exposé individuel des travaux. Une caractéristique de ces exposés est que la définition précise du matériel (utilisation de clônes) ainsi que la connaissance de sa variabilité n'est envisagée que de façon très épisodique. Pour cette raison, le document rédigé s'est efforcé de préciser les objectifs à atteindre et la méthodologie nécessaire pour y parvenir; il ne comporte qu'un bilan laconique des travaux effectués dans le domaine.

I - ETAT ACTUEL DES RECHERCHES

Un nombre important d'équipes françaises s'intéresse aux cycles de développement, tout particulièrement en ce qui concerne les macroalgues. Par contre, l'aspect génétique (définition de marqueurs génétiques, sélection d'espèces, croisements, déterminismes génétiques,...) n'est abordé, pour ce matériel, que par un nombre très réduit de chercheurs; ceci justifie, en particulier, la nécessité d'une collaboration avec des laboratoires d'Amélioration des Plantes supérieures dont l'expérience dans ce domaine est déjà ancienne. Il existe, en effet, une réelle demande notamment en ce qui concerne l'amélioration des rendements puisqu'un certain nombre de substances sont déjà extraites des algues (substances alimentaires, médicamenteuses,...).

Les études actuelles entrant dans le cadre ainsi défini (cycles de vie - variabilité génétique) portent sur plus d'une dizaine d'espèces de macroalgues et sur quelques espèces de microalgues et de phanérogames.

II - OBJECTIFS

En fonction du peu de travaux effectués dans ce domaine, des objectifs modestes mais impératifs ont été retenus. En particulier, la connaissance des réactions écophysiologicals (cf table ronde B 2) des différentes étapes du développement pour les diverses générations du matériel utilisé ainsi que celle de la variabilité existant au sein des populations naturelles sont des points fondamentaux dont la connaissance doit permettre notamment une amélioration des rendements (en particulier, le moment de la récolte, par rapport à sa situation dans le cycle, influe sur le rendement).

Dans un deuxième temps, la création puis la sélection d'individus présentant des caractéristiques imposées par des impératifs de production seront également nécessaires (augmentation de la biomasse, de la teneur en certains constituants, recherche de gélifiants à plus grande compacité,...). De même, une meilleure utilisation globale des potentialités du matériel conduisant à la commercialisation de produits nouveaux doit apporter une valorisation complémentaire.

Par ailleurs, il est vraisemblable que des espèces non encore exploitées représentent un réel potentiel qu'il est important d'évaluer.

III - METHODOLOGIE

Il est impératif que l'approche physiologique ou biochimique de la connaissance du matériel ne puisse être dissociée du support génétique. En particulier, la constitution de clones semble fondamentale.

La recherche de marqueurs génétiques facilement identifiables liée à la définition de cribles rapides est indispensable. Dans cette optique, la mise au point de conditions bien définies permettant l'utilisation de méthodes reproductibles (en particulier, pour des techniques telles que l'électrophorèse) ainsi qu'une bonne cohérence dans l'expression des résultats (notamment pour le calcul du rendement) est nécessaire.

Il est bien évident que le matériel de départ sera parfaitement identifié tant du point de vue morphologique que cytologique et biochimique.

L'obtention de nouveaux individus tiendra compte de l'acquis méthodologique obtenu chez les végétaux supérieurs permettant l'augmentation de la variabilité existante (cf. exposé oral de Branchard) : culture de cellules, de cals puis régénération d'individus, mutagenèse, utilisation de la phase haploïde, protoplastes, génie génétique.

IV - CONCLUSION

L'éventail des domaines à prospecter est très large et nécessite des contacts étroits entre laboratoires pluridisciplinaires. Il doit conduire à la définition d'un vaste programme déterminant plusieurs niveaux (court, moyen et long termes) dans lequel de nouveaux algologues doivent logiquement s'insérer (cf. table ronde B 1).

* Ce compte-rendu a été relu par Mr. le Professeur Demarly, qui en approuve pleinement les conclusions.

TABLE RONDE B 4 *

POLLUTION DES VÉGÉTAUX. ÉPURATION DES EAUX PAR LES VÉGÉTAUX

Rapporteurs : G. BLAKE, M. DUPRÉ, M. VUILLOT

1.- BILAN DES RECHERCHES ACTUELLEMENT CONDUITES SUR L'UTILISATION DES PLANTES POUR L'ÉPURATION DES EAUX

1.- Certains systèmes sont actuellement au stade de développement ou de pré-développement. Ils peuvent ainsi être suivis sur des installations de taille réelles :

- lagunage à microphytes
- lagunage à macrophytes (fixés)
- lits à macrophytes

2.- D'autres systèmes (cultures intensives de microphytes, cultures de macrophytes flottants), et l'utilisation des systèmes de lagunage pour le traitement d'effluents non domestiques (industriels, agro-alimentaires, eaux de chaussées ou de drainage) font l'objet d'expérimentations sur pilote ou en laboratoire.

3.- Les principaux organismes intervenant dans le domaine sont :

- Instituts et Centres de recherche

CEMAGREF, CNRS, INRA, GIS MONTPELLIER ...

- Universités

CHAMBERY, LILLE, METZ, MONTPELLIER, ROUEN ...

- Services Techniques

CETE, SATESE, SRAE

2.- PRINCIPAUX AXES DE RECHERCHE

2.1. Le choix des espèces végétales

a) En ce qui concerne les microphytes, le choix des espèces ne se pose que dans le cas des cultures intensives.

La polluo-sensibilité des différentes espèces n'est actuellement connue que de façon

* 16 participants

fragmentaire. Il est intéressant de viser à une connaissance plus exhaustive :

- des espèces sensibles, pouvant être utilisées comme indicateur de pollution (de même que les variations de peuplement : cf . Université de MARSEILLE).
 - des espèces résistantes, susceptibles d'être mises en oeuvre dans des systèmes de traitement (notamment : concentration des micropolluants et de molécules spécifiques).
- b) Les systèmes à macrophytes ne font appel qu'à un nombre réduit d'espèces végétales. Le choix est à réaliser dans chaque cas en fonction :
- du cycle biologique de l'espèce et de ses capacités de production (production exportable en particulier),
 - de la nature de l'effluent à traiter,
 - de la complémentarité (dans l'espace et le temps) microphyte- macrophyte au niveau du système de traitement,
 - des conditions locales (climat, intégration) et éventuellement du type de valorisation localement envisageable.

Le développement des procédés intégrant des macrophytes nécessite la mise en oeuvre d'études comparatives des différentes espèces dans des conditions réelles d'exploitation (il s'agit d'un axe de recherche possible).

2.2. Choix des systèmes d'épuration.

Au niveau de la conception des procédés, il est nécessaire de tenir compte d'un certain nombre de contraintes inhérentes au système, telles que :

- la nature et les variations de la charge polluante d'entrée,
- les conditions climatiques
- les paramètres-clés du système qui conditionnent son fonctionnement (profondeur..)

Dans tous les cas, la qualité du traitement devra tenir compte avant tout de la sensibilité du milieu récepteur, qui peut être affecté notamment par des rejets polluants diffus et de micropolluants (pesticides, métaux).

Ces contraintes sont plus particulièrement importantes dans les systèmes intensifs. Il va de soi que l'intégration du système d'épuration dans une filière de production et d'utilisation de la biomasse végétale aquatique est primordiale.

Les créneaux d'utilisation des végétaux, dépendent à la fois des possibilités réelles d'épuration liées à la composition de l'effluent(1) et des coûts économiques d'installation et de maintenance (2) :

(1) Dans le cas des effluents d'origine domestique les procédés utilisant les microphytes (et les macrophytes) sont relativement au point actuellement (CEMAGREF). Par contre, pour les eaux d'origine agroalimentaires ou "industrielles" une amélioration de la connaissance des limites d'utilisation reste à apporter.

(2) Au niveau économique, les bilans effectués à l'heure actuelle sont encore fragmentaires, il apparaît (SLEE) que les systèmes de culture intensive de microphytes ne sont rentables qu'à une grande échelle (à partir de 10.000 eq.h) dans la mesure où ces eaux ne contiennent pas de substances toxiques. Dans ce cas pose ensuite le problème du circuit économique de valorisation de la biomasse produite.

Pour l'utilisation des macrophytes, le manque certain de données économiques constitue une entrave au développement rationnel de cette filière, seules des expériences très ponctuelles servent de points de référence (ex. Bassin annexe de pisciculture...)

Si on admet que l'intégration des végétaux, en particulier des macrophytes, dans une filière d'épuration est réalisée aisément, au vu des connaissances actuelles, il se pose ensuite la question de la maintenance à court terme et à long terme du système :

A COURT TERME

- dans les systèmes de lagunage naturel, la présence régulière (une quarantaine d'heure/an au total) d'un personnel à faible niveau de qualification semble suffisante pour obtenir un bon fonctionnement, avec des coûts de l'ordre de 30 à 40% d'un système conventionnel à boues activées.

Au contraire, les systèmes intensifs semblent nécessiter un haut niveau de maintenance qui se traduit par un coût très voisin de celui des systèmes conventionnels;

- pour les systèmes à macrophytes, la maintenance réside essentiellement en une récolte annuel ou saisonnière de la biomasse qui ne devrait pas se traduire par un coût élevé (pas de référence actuelle ?).

A LONG TERME

Dans le cas du lagunage, c'est le problème des boues qui se pose sur une échéance de 5 à 10 ans de fonctionnement. Les mesures effectuées au plan qualitatif et quantitatif, dans ce domaine, n'apportent pas suffisamment d'information. Néanmoins il est nécessaire de prendre en compte ce facteur dès la création de l'installation et d'envisager un traitement des boues produites.

Dans certains cas des études complémentaires sont nécessaires pour préciser les conditions d'intégration des systèmes à macrophytes dans les filières d'épuration. En particulier, à l'aval des installations assurant un traitement de type anaérobie (méthanisation des eaux résiduaires agro-alimentaires), dans lesquels un traitement complémentaire s'avère nécessaire avant rejet dans le milieu récepteur (axe de recherche possible).

Il est par ailleurs indispensable de suivre le fonctionnement des installations (ex. Problèmes de relargage par les sédiments.)

De plus, l'utilisation des végétaux semble pouvoir être envisagée pour le traitement de certaines pollutions atmosphériques.

2.3. Possibilités de valorisation

La valorisation des végétaux doit répondre à un certain nombre de critères contraignants, et concerne tant ceux utilisés à des fins d'épuration que ceux présent dans les milieux naturels :

- être compétitif sur le plan financier (par rapport à d'autres sources d'un produit fini ayant des propriétés similaires), ou proposer un créneau original et unique.

- correspondre à l'approvisionnement d'un marché réel ou être garanti par l'ouverture d'un marché potentiel intéressant.
- proposer des produits satisfaisants ayant une composition déterminée régulière et non toxique (exempts de substances toxiques..)
- tenir compte des possibilités locales et usages locaux (notamment en s'inspirant des méthodes et techniques utilisées couramment).
- tenir compte de la productivité (en particulier des cycles naturels).

Les principaux objectifs visés sont :

1°.- Plan de la nutrition, fourrage pour les animaux notamment l'élevage porcin, nourriture pour la volaille - extraction des protéines.

Se pose dans ce cas le problème de la qualité sanitaire des sous-produits des systèmes d'épuration.

2.- Plan des fertilisants, utilisation directe comme engrais "vert" en agriculture fabrication de compost, à partir notamment des ulves (adjonction d'un additif).

3.- Plan technologique, comme source potentielle d'énergie : méthanisation par fermentation.

Remarque : Les nombreuses données existantes sur les performances en épuration des différents systèmes de traitement n'ont pu être complètement présentées dans le cadre de cette table ronde. On se reportera sur ce thème à la littérature existante (qui peut être communiquée par les rapporteurs).

TABLE RONDE B 5 *

INTRODUCTION D'ESPÈCES NON INDIGÈNES (B5-1)

Rapporteur : P. GAYRAL

Après une revue des espèces introduites sur nos côtes, les unes de longue date et plus ou moins acclimatées (Asparagopsis armata, Codium fragile, Colpomenia peregrina), les autres d'introduction plus récente mais très "agressives" (Sargassum muticum, Undaria pinnatifida, Laminaria japonica), un exposé a été fait des connaissances écologiques et biologiques déjà acquises, principalement grâce à des travaux très complets effectués dans d'autres pays que le nôtre (Grande-Bretagne pour la Sargasse, Japon et Chine pour les dix autres espèces).

La discussion qui a suivi a permis de dégager les points suivants :

1) Impossibilité de procéder à une éradication complète de ces espèces déjà actuellement bien implantées et causes de graves nuisances pour la pêche, la navigation et la conchyliculture.

2) Possibilité pour Undaria et L. japonica de rechercher des modalités d'éradication partielle par une meilleure connaissance des possibilités de résistance de ces algues à certains facteurs (dessiccation notamment), non préjudiciables aux produits divers dans les écosystèmes lagunaires méditerranéens.

3) Nécessité d'établir dans l'immédiat, pour nos côtes, une cartographie, une étude des biomasses et de la dynamique des populations en ce qui concerne les espèces introduites "agressives", notamment Sargassum muticum.

4) Le constat de l'impossibilité dans les structures actuelles, d'une intervention rapide et efficace de spécialistes, à l'encontre de ce qui s'est fait en Grande-Bretagne face à l'apparition de Sargassum muticum.

* 25 personnes environ ont participé à la table ronde. Les principales interventions faites lors des discussions sont résumées après chaque synthèse.

5) La proportion de création d'un groupe thématique capable, d'une manière plus générale, c'est-à-dire chaque fois que se poserait un problème de cette nature, de définir une stratégie dont les grandes lignes pourraient être :

- le suivi de l'extension de l'organisme ;
- l'examen des effets de sa présence dans le sens d'une éventuelle valorisation (ou dégradation) des écosystèmes naturels auxquels il s'intègre ;
- l'examen des possibilités de valorisation de l'organisme en ce qui concerne : la conversion en énergie, la consommation dans l'alimentation humaine ou animale, l'utilisation comme engrais, la possibilité d'extraction de produits à haute valeur ajoutée, le tout étant lié à des études de marché impliquant la présence de spécialistes du domaine de l'Economie ;
- la proposition aux Pouvoirs Publics des solutions les meilleures.

Un tel groupe aurait également pour mission de centraliser les données, de coordonner les actions, de diffuser les propositions et d'agir en vue de leur réalisation par les différentes formations de recherche.

Interventions

Mme FUSTEC, en tant que représentante du Ministère de l'Environnement souligne l'intérêt des problèmes soulevés par l'introduction de nouvelles algues génératrices de nuisances diverses et indique que l'introduction pour une exploitation commerciale de produits marins, supports éventuels d'espèces indésirables, n'est sans doute pas accompagnée de précautions suffisantes et suggère un contrôle plus sévère lors de l'entrée de tels produits.

Mme GAYRAL confirme ce point de vue en indiquant que, pour la Sargasse, une expérience naturelle avait pourtant été réalisée dès 1945 puisque l'introduction, à cette date, de naissain d'huîtres japonaises en Colombie britannique, a été suivie d'une progression de la Sargasse vers le sud de 3 000 km en trente ans.

Mr BELSHER informe que l'Association française des Plongeurs scientifiques représentée ici par Mr Couté, a décidé de prendre pour thème d'étude de son stage d'été le problème Sargassum muticum en baie de Carantec. Elle s'associe ainsi aux efforts du groupe CNEXO-ISTPM qui a été saisi du problème pour ce secteur.

Mr BOUDOURESQUE : Les recherches effectuées par les anglais sur Sargassum muticum ne sont pas inutiles : si les Anglais n'ont pas réussi à éradiquer l'espèce, ils auront besoin de ces connaissances pour aménager la cohabitation et éventuellement la valoriser.

En ce qui concerne les espèces méditerranéennes (Undaria et Laminaria japonica), ne pas oublier que :

- les travaux japonais concernent leurs populations
- les populations méditerranéennes sont probablement issues de quelques génotypes et donc ne sont pas représentatives de la variabilité de l'espèce au Japon : l'écophysiologie des populations méditerranéennes reste donc à connaître.
- comme pour Sargassum, il faudra maintenant aménager au mieux la cohabitation avec ces espèces et la valoriser.

CONSERVATION ET AMÉNAGEMENT DU MILIEU (B5-2)

Rapporteur : D. FLEURY

Les participants ont d'abord exposé quelques évidences :

Les activités humaines ne sont pas neutres vis-à-vis de l'environnement. Elles sont la cause démontrée ou supposée, directe ou indirecte, d'un grand nombre de modifications des milieux naturels.

Certaines de ces modifications portent atteinte à des secteurs d'activité (antagonisme pêche-tourisme...) alors que d'autres obèrent la qualité des ressources naturelles (incompatibilité pratique de la plaisance-maintenance des herbiers...).

Bien souvent, on ne fait que constater les effets des aménagements sur les milieux sans qu'il soit possible de faire la part de chaque impact pris isolément. La méconnaissance des paramètres physiques des fluctuations naturelles et des relations écosystémiques à l'intérieur des biocénoses végétales aquatiques rend souvent subjective, voire inconsistante, l'appréciation des modifications observées.

Pour sortir de ces simples constatations d'évolution, l'aménagement et la conservation des milieux aquatiques doit s'appuyer sur :

- 1) une cartographie quantitative et qualitative des biocénoses aquatiques à une échelle supérieure ou égale au 1/25.000e (cf. conclusions de la table ronde A1, mais en insistant sur l'aspect qualitatif de cette cartographie).
- 2) une meilleure connaissance du fonctionnement des écosystèmes (climat, nutriments, producteurs, consommateurs), c'est-à-dire des flux énergétiques en présence, surtout au niveau des synergies.
- 3) un effort de regroupement et de coordination des différents budgets concernant les études d'impact, qui, ajoutés les uns aux autres, représenteraient des budgets substantiels permettant d'avancer sur l'établissement d'un document cartographique homogène et sur la connaissance des écosystèmes, mais qui, actuellement, représentent un gaspillage de moyens en crédits, en énergie et en hommes. De tels programmes intégrés permettraient d'éviter la parcellisation des études, tant dans l'espace que dans le temps, et d'obtenir une modélisation plus fiable des interactions aménagement-impact.

Dès maintenant, la valorisation des fonds marins sédimentaires peut être envisagée, de manière considérable, par l'établissement de récifs artificiels puisqu'ils sont colonisés par des algues initiant les réseaux trophiques aboutissant à des poissons ou des crustacés exploitables.

Toutefois, de tels aménagements ne pourront se faire qu'avec prudence notamment qu'en connaissance de leur rôle dans les transits sédimentaires. Prudence également en ce qui concerne l'exploitation de végétaux introduits pour l'épuration des eaux (ex : jacinthe d'eau) ou introduits accidentellement (ex : Laminaire du Japon dans les étangs du Languedoc) pouvant affecter l'exploitation d'autres ressources vivantes.

Les participants à cette table ronde n'ont pas eu le temps d'aborder deux questions pourtant majeures pour la gestion du milieu aquatique côtier ou continental : la protection de la diversité génétique et des paysages immergés, si ce n'est pour constater qu'il existe quatre zones où les végétaux sont protégés :

- le parc marin de Port-Cros
- le parc marin, avec réserve, de Scandola
- la réserve de Banyuls-sur-Mer
- le parc marin des Kerguelen.

Interventions

Ne pas oublier les récifs artificiels : ils représentent un aspect important de la valorisation des végétaux marins dans la mesure où ce sont des algues qui se développent sur les substrats vierges mis à leur disposition, qui initient les réseaux trophiques aboutissant à des poissons ou crustacés exploitables.

Mr CHASSÉ souligne, chiffres à l'appui, le rôle très important des Algues dans la fertilité des fonds marins et voit dans la présence de nouvelles algues dans notre flore atlantique ou méditerranéenne un facteur d'enrichissement ; il conclut pour ces raisons à une certaine "xénophobie" au niveau des Algues qu'il y aurait lieu d'atténuer, à son avis.

TABLE RONDE B 6 *

ÉCONOMIE EN RELATION AVEC LES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Rapporteur : J.-P. BOUDE

Peu de travaux ont été consacrés jusqu'à présent à une approche économique de la filière "algues" (CABOCHE : le marché des alginates en 1983, DE LA VILLE FROMOIT : la filière algues en Bretagne...). Il paraît donc nécessaire de souligner l'importance qu'il y a d'engager des études économiques approfondies dans ce domaine (filiale nationale en relation avec les filières étrangères : production, transformation, marché).

Un schéma, annexé **, décrivant les articulations de la filière "algues" en France permet de dégager les problèmes à évoquer afin de connaître quelles sont les relations qui existent entre l'économie et les choix scientifiques et techniques. Pour chaque type de production les facteurs de blocage et les facteurs de développement qui conditionnent leur avenir, à court ou à moyen terme, ont été mis en évidence.

Les résultats qui vont être présentés concernent l'ensemble de la filière puis les problèmes spécifiques liés à chaque type de production.

I. ENSEMBLE DE LA FILIERE

1- L'exploitation des ressources nationales, au moins, sur certaines des espèces les plus concernées, posera à très court terme un problème de surexploitation dû en grande partie à une récolte localement limitée (Finistère Nord) et nécessite, en relation avec les organismes de recherche compétents, la mise à l'étude des mesures de gestion appropriées et l'élaboration d'une carte des ressources exploitables.

2- Dans le cadre de l'implantation d'espèces nouvelles il est indispensable d'entreprendre non seulement des études techniques mais aussi de tenir compte de l'ensemble des facteurs écologiques, sociologiques et économiques.

3- La mise en oeuvre éventuelle d'unités "d'algo-culture", qui pourraient répondre à certains besoins spécifiques, nécessite une étude approfondie des conflits qui ne manqueront pas d'apparaître avec les autres utilisateurs du domaine maritime.

4- Dans le même ordre d'idée une meilleure connaissance des pesanteurs sociales est nécessaire afin d'arriver à une exploitation rationnelle des stocks.

* Une quinzaine de participants

** La version manuscrite du schéma réalisée à Bombannes est remplacée dans ce compte-rendu par celle utilisée par J.-P. BOUDE pour son article "l'économie des algues marines" paru dans Biomasse Actualités, sup. 3, 1983, p. 38-41.

5- Dans tous les cas de figure l'évaluation économique de chaque production doit faire l'objet d'un bilan aussi large que possible, incluant en particulier la valorisation des sous-produits.

6- L'établissement d'un "Atlas" recensant toutes les algues exploitables ainsi que les produits qui peuvent en être extraits serait un facteur d'innovation dans le cadre du développement de nouveaux marchés.

II. PROBLEMES SPECIFIQUES A CHAQUE TYPE DE PRODUCTION

1- Production d'énergie

La méthanisation des algues associée à des déchets d'élevage semble un nouveau débouché. Elle permet en effet une valorisation des algues épaves (en particulier des algues vertes issues de la pollution).

Il est urgent d'entreprendre des études économiques complètes afin d'établir des coûts comparatifs fiables face à ceux des autres formes d'énergie substituables.

Il est tout aussi urgent de résoudre le problème des économies d'échelle possible par une production collective et de situer le niveau d'exploitation (individuel, regroupement, village, canton, ville).

Dans un autre ordre d'idée la mise en oeuvre des techniques de la bio-énergie solaire, fondée sur les propriétés de synthèse des algues, en vue de l'élaboration de produits destinés à la chimie fine nécessite des études portant sur la définition des caractéristiques des marchés potentiels.

2- Production de phycocolloïdes.

Les débouchés par substitution d'importations d'Agar-Agar sont importants aussi bien sur le marché intérieur que pour l'exportation. Cela peut justifier le développement d'unités de production supplémentaires, il est donc impératif d'assurer une fourniture régulière (en volume) de matière première à un coût compétitif. Dans cet esprit des évaluations économiques des opportunités ouvertes par la culture de Gracilaria ou par la récolte de Gelidium sont nécessaires.

Le marché des carraghénanes est appelé à croître essentiellement en fonction du développement des productions alimentaires qui évoluent elles même avec l'élévation du niveau de vie. Les utilisations appelées à un avenir certain sont celles qui sont liées à la production de gels, en particulier destinés aux produits lactés (sauf pour l'Afrique Noire). Pour faire face aux impératifs de développement il est nécessaire de "défragiliser" le marché des approvisionnements en matières premières. En outre ces molécules étant plus complexes que celles concernant les alginates un développement de la recherche industrielle s'impose, de plus c'est une condition d'ouverture de nouveaux marchés.

Le marché des Alginates, marqué par une forte concurrence internationale, évolue et se transforme très rapidement nécessitant la mise au point de nouveaux produits. La surexploitation des champs d'algues (à partir de 45 000 t, seuil critique pratiquement atteint) induit la mise en place d'une gestion rationnelle des stocks et l'exploitation de nouveaux champs en tenant compte des facteurs sociaux locaux freins à cette évolution.

Les produits issus des carraghénanes (plus de 120 utilisations) et ceux issus des alginates (plus de 200 utilisations) exigent pour leur développement un suivi à caractère individuel. Les unités de production n'ont pas toujours les moyens de mettre en oeuvre une telle politique commerciale. Or le maintien du marché ou la conquête de nouveaux débouchés passent par la fourniture, produit par produit, d'un service complet aux industriels utilisateurs.

Les délais pour qu'un produit devienne alimentaire étant de l'ordre d'une dizaine d'années il est impératif, enfin, de pousser la recherche en vue de l'extraction de nouveaux phycocolloïdes.

Toute production de valeur ajoutée hors du territoire national ou hors de la région concernée (approche économique du développement régional) entraîne une perte non négligeable et constitue une contribution perdue au développement économique. Il est donc nécessaire de favoriser une production la plus élaborée possible, en fonction des marchés visés.

3- Utilisations directes.

D'après la F.A.O. (statistiques de 1973) le domaine de la nutrition humaine est vaste puisque 95 % de la valeur des algues à la première vente pour la production d'algues marines doit être attribué à la commercialisation de produits comestibles semi-transformés dans le Sud-Est Asiatique. L'amorce d'un tel développement en France nécessite des politiques de promotion adaptées tout en se préoccupant de lever les obstacles juridiques existants. Certaines régions, en particulier la Bretagne, peuvent fonder l'ouverture de ce marché sur d'anciennes habitudes alimentaires traditionnelles.

Le marché des farines à destination de consommation animale est stabilisé et ne pourra se développer, éventuellement, que si des progrès technico-économiques sont effectués dans le domaine du séchage. De plus la non stabilité des produits pose un important problème de réglementation.

Un marché par substitution d'importations de produits tels que les celluloses ou la tourbe (URSS) ... pourrait être créé à partir de la transformation des phanérogames marines (Posidonie, par exemple). La condition essentielle de ce développement est que les ressources naturelles constituant la matière première puissent être fournies sans mettre en danger le stock existant, souvent fragile, qui constitue un capital écologique de premier ordre.

L'ensemble de ces propositions souligne la nécessité de la mise en place rapide de travaux d'étude et de recherche à caractère technico-économique qui constituent une des conditions du développement de la filière "Algues".

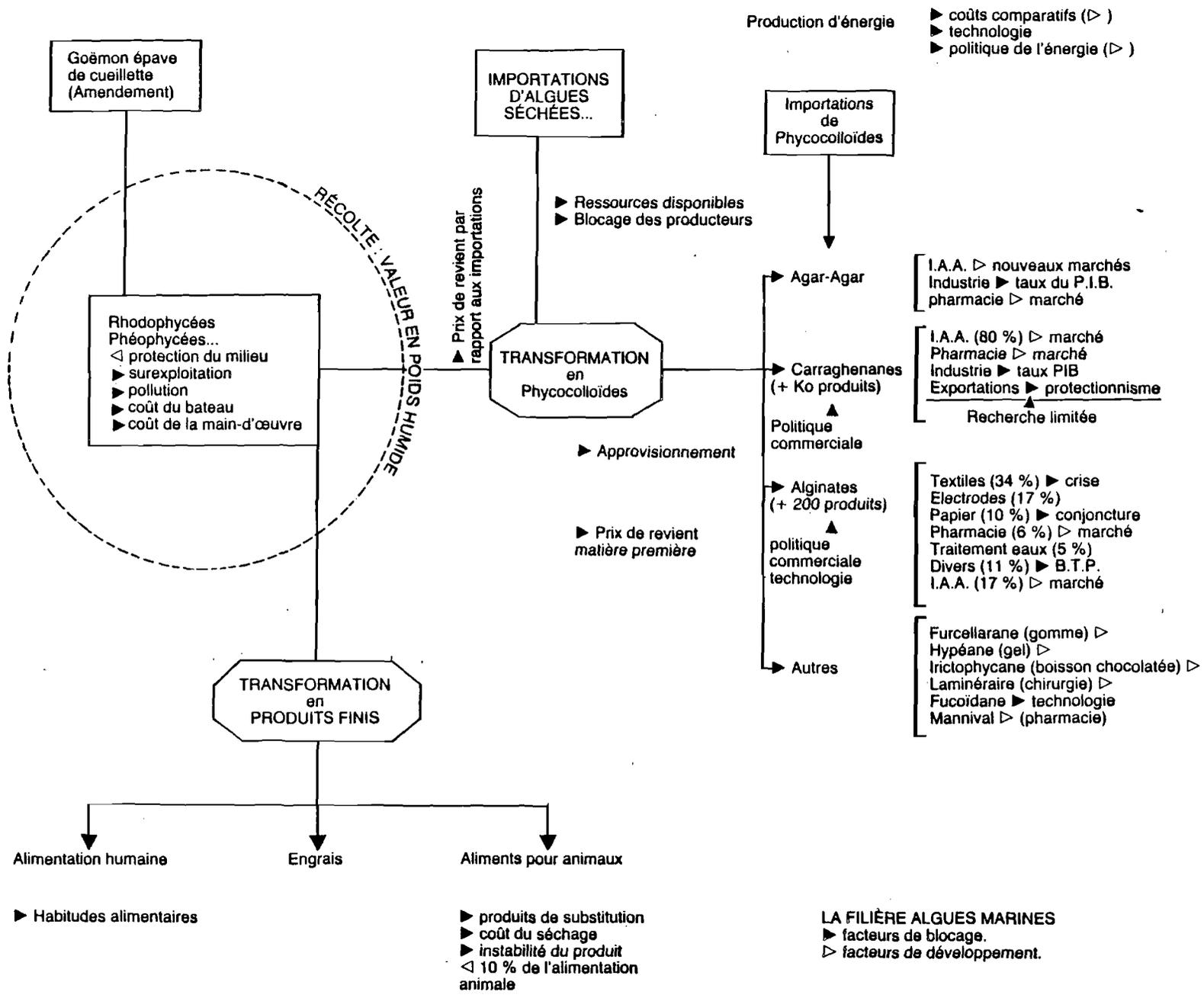


TABLE RONDE C 1

RELATIONS BACTÉRIES - VÉGÉTAUX

Rapporteur : M. BIANCHI

Pour l'instant les connaissances sont essentiellement théoriques, et même à leurs balbutiements quant aux relations bactéries macro-algues.

1- Relations bactéries-macrophytes

Les connaissances dans ce domaine sont si restreintes qu'il faut simplement les citer:

. certaines algues nécessitent le contact d'espèces bactériennes pour se développer,

. chez d'autres algues, en culture, les bactéries influent sur la forme des algues,

. rôle du film bactérien favorisant la fixation des algues sur les supports.

2- Relations bactéries - microphytes

Les relations sont multiples et bilatérales:

. échanges de vitamines,

. échanges de produits antagonistes,

. accroissement de la photosynthèse par minéralisation des matières organiques (rejets) par la voie bactérienne,

. compétition au niveau des sels minéraux,

. hétérotrophie possible des microphytes.

Intervention des communautés bactériennes dans les problèmes de valorisation des microphytes.

. maintenir des communautés bactériennes stables dans les cultures planctoniques de masse,

. stimuler la production de métabolites (toxines) par l'intermédiaire de bactéries,

. récolte éventuelle de phytoplancton dans les cultures de masse destinées à la méthanisation,

. ajout de la biomasse bactérienne à la biomasse algale pour la nutrition d'animaux élevés en aquiculture.

PROPOSITIONS D'AXES DE RECHERCHE

1- Macrophytes

Dans le cadre des relations algues-bactéries, rechercher les bactéries susceptibles d'augmenter la biomasse algale ou la production de composés commercialement intéressants (Abord théorique).

2- Microphytes

. Parallèlement aux recherches théoriques portant sur des phénomènes précis d'interaction entre bactéries et algues, une approche moins fondamentale, en bassins de volumes importants et dont les conditions seraient "in situ" simulées, semble souhaitable.

. Accentuer l'effort de connaissance de systèmes naturels hautement productifs (floraisons planctoniques) à des fins de modélisation prédictive.

. Accentuer les contacts de travail entre phyto-planctonologistes et bactériologistes.

. Lagunages.

TABLE RONDE C 2

MACROALGUES

Rapporteurs : M. BODARD, M. KNOEPFFLER-PÉGUY

La valorisation du potentiel représenté par les algues marines en France implique:

I. Un inventaire méthodique et rationnel des ressources:

C'est à dire l'établissement de documents répétitifs traduisant aussi bien les aspects qualitatifs que quantitatifs ainsi que la dynamique des populations de l'ensemble des systèmes littoraux (métropole et DOM.TOM compris). Ces documents devront concerner en priorité les secteurs:

- à intérêt économique (peuplements de Laminariales et de Fucales, de Chondrus, de gigartina...)
- à aménager
- à problèmes: zones d'échouage de végétaux ou de prolifération anarchique (marée verte, Sargasses, Undaria ...)

La réalisation de tels documents nécessite à l'évidence une méthodologie homogène depuis l'acquisition des données jusqu'à la représentation cartographique.

II. La création d'un groupe de travail sur les espèces non indigènes à prolifération rapide:

Ce groupe serait chargé de:

- suivre l'extension de l'organisme (cf. § 1)
- d'examiner l'impact positif ou négatif de sa présence sur les écosystèmes
- d'envisager les possibilité de valorisation de cette algue si l'éradication se révélait impossible (cf table ronde B 5)
- de proposer aux pouvoirs publics les solutions les meilleures
- de coordonner l'ensemble des actions.

III. Un effort de recherche sur les espèces déjà exploitées (Laminariales, Ascophyllum, Fucus, Chondrus), en insistant sur les points suivants:

- inventaire et gestion des stocks
- rentabilisation des méthodes de récolte
- amélioration des techniques de transformation
- valorisation des sous produits industriels
- diversification des applications des phycocolloïdes

IV. Un examen approfondi des possibilités de valorisation des espèces non exploitées à ce jour pour diverses raisons (difficulté de récolte, insuffisance des stocks ...)

Une attention particulière sera apportée aux algues productrices de substances biologiquement actives, de phycocolloïdes, de protéines...

Si cela s'avère nécessaire des cultures seront à envisager (cf § 5).

V. La culture de quelques espèces productrices de phycocolloïdes (Laminaires, Cystoseira, Gracilaria, Gigartina, Chondrus)

La rentabilité de telles cultures (§ IV et V) reste étroitement liée:

- à l'acquisition d'une parfaite connaissance de la biologie des espèces envisagées et, en particulier, de leur génétique (hybridation, sélection).

- à la recherche et à la mise au point de techniques culturales appropriées à chaque espèce, tenant compte des modes de récoltes, du site de culture et du coût de la main d'oeuvre et de l'énergie.

EN CONCLUSION

Il est apparu à la Commission que la réalisation effective des programmes envisagés nécessite:

- l'aménagement d'un Centre d'Algologie Appliquée qui permettrait de mener à bien un certain nombre des études proposées.

- la création (?) d'une structure (souple) pluridisciplinaire de coordination scientifique et administrative.

- et surtout un effort particulièrement important de la part des Pouvoirs Publics tant du point de vue des crédits que du recrutement (création de débouchés réguliers pour les jeunes Chercheurs) et même de l'enseignement.

TABLE RONDE C 3

MICROPHYTES MARINS

Rapporteur : D. BONIN

En vue d'une valorisation de l'utilisation des algues unicellulaires marines, les recherches devront porter sur :

- 1 ° - la surveillance et l'amélioration des qualités nutritives des algues déjà employées dans les systèmes d'aquiculture, pour la production de larves de mollusques, de crustacés, de poissons. En effet, à l'heure actuelle, il n'existe pas d'aliments de substitution permettant des développements satisfaisants de ces larves à certains stades de leur cycle.
Les investigations en vue d'isoler et d'étudier de nouvelles souches destinées à ces fins aquicoles devront être poursuivies.
- 2 ° - les caractéristiques des réponses d'algues, à différents polluants afin de déterminer :
 - a) les espèces sensibles qui permettront la mise au point de tests de toxicité ,
 - b) les espèces résistantes indicatrices de pollution,
 - c) les espèces capables d'une accumulation importante des produits toxiques.
- 3 ° - l'utilisation de la charge en sels et d'autres paramètres des eaux marines ou lagunaires pour favoriser la synthèse de produits exploitables : glycérol, protéines, caroténoïdes, hydrocarbures...
- 4 ° - la physiologie des Dinoflagellées et des autres groupes d'unicellulaires responsables de nuisances et de toxicités ayant des conséquences néfastes sur les ressources et l'environnement marins. Les recherches s'appliqueront aussi à l'identification des toxines mises en jeu et leur utilisation à des fins pharmacologiques.
- 5 ° - L'isolement de nouvelles espèces afin de compléter l'éventail actuellement disponible très restreint par rapport au potentiel génétique présent dans la nature. Une attention particulière devra être apportée aux microphytes benthiques qui ont été relativement délaissés jusqu'à présent et aux procédés de conservation des souches.

Pour conclure, la taille des microphytes peut sembler, à priori, un frein à leur exploitation. Mais ces algues possèdent des caractéristiques de croissance et de composition tout à fait originales qui justifient un effort de recherche et de valorisation.

TABLE RONDE C 4

PHANÉROGAMES MARINES

Rapporteurs : C-F. BOUDOURESQUE, M-R. PLANTE-CUNY

1. L'INTERET ACTUEL POUR LES ECOSYSTEMES A PHANEROGAMES MARINES

Bien que des travaux, souvent fondamentaux, aient été consacrés aux Phanérogames marines avant les années 70, L'intérêt pour les écosystèmes auxquels elles participent a connu une accélération brutale depuis lors (Europe, Amérique du Nord, Australie, Japon en particulier).

Quelles en sont les raisons ?

- Partout où elles existent, les Phanérogames marines sont des espèces édificatrices, des bâtisseurs d'écosystèmes.
- Les surfaces couvertes (Posidonia, Thalassia, Zostera) sont souvent considérables.
- La production primaire semble considérable (Posidonia, Thalassia) en raison en particulier de la multiplication (par 20 à 100) des surfaces de fixation offertes aux épiphytes à forte productivité.
- Le flux de l'énergie dans le système, bâti sur un modèle original pour le domaine marin, avec deux systèmes indépendants dont l'un tamponne les fluctuations saisonnières et pluriannuelles, assure une stabilité et une maturité exceptionnelle aux écosystèmes. Il faut sans doute y voir l'origine de la richesse de ces écosystèmes sur le plan faunistique.
- Exportation d'une partie de la production vers d'autres écosystèmes, parfois lointains.
- Rôle d'abri, de frayère ou de source de nourriture, directe ou indirecte, pour une riche faune.
- Protection et fixation des fonds meubles. Protection des lignes de rivage par ammortissement des vagues et des houles.
- Vulnérabilité, partout dans le monde, face aux activités humaines (pollution, aménagement); lenteur de la reconstitution naturelle de plusieurs de ces écosystèmes.

2. VALORISATION DES FONDS

L'existence d'un peuplement à phanérogames marines valorise, par sa seule présence, les fonds qu'il colonise; sa régression ou sa destruction sont dévalorisantes.

Divers exemples de régression des herbiers, anciens ou actuels, et de leurs conséquences, sont cités : Zostera marina, Posidonia, Diplanthera et Cymodocea, Thalassia (Europe du Nord, Méditerranée, Amérique centrale).

Bassin d'Arcachon : la destruction de Zostera noltii, accusée par les ostréiculteurs, serait dangereuse sans étude préalable. Importance des halophytes le long des côtes atlantiques (Spartina, marais maritimes, etc).

REIMPLANTATIONS

Des techniques de réimplantation ont été mises au point; elles concernent, en Amérique du Nord, Zostera marina et Thalassia, et en Méditerranée Zostera noltii et Posidonia oceanica. Diverses techniques faisant intervenir des boutures ou des graines, des structures de béton, des mottes, ou la séquence Cymodocea-Posidonia reconstituant la série évolutive.

Pourquoi reconstituer ? pour pallier à la lenteur de la reconquête naturelle, lorsque la cause de la disparition a cessé d'agir; pour protéger les rivages. Attention : On ne peut réimplanter n'importe où; en l'état actuel des techniques, la réimplantation ne peut compenser une destruction; la possibilité de réimplanter en peut servir d'alibi à la destruction d'un herbier.

4. VALORISATION DES PRODUITS ISSUS DES PHANÉROGAMES MARINES

De nombreux exemples d'utilisations anciennes ou potentielles sont cités; il s'agit toujours de l'utilisation de feuilles mortes rejetées sur les plages :

- Fabrication de litières pour animaux ou humains
- fabrication de papier
- Amendements agricoles
- composts pour l'horticulture
- Isolants phoniques
- Isolants thermiques
- Tourbe
- Protéines

La question se pose de savoir :

- Quels sont les stocks exploitables ?
- Coûts de fabrication et compétitivité des produits ?

L'utilisation de feuilles vertes, prélevées dans des herbiers vivants, ne peut être envisagée qu'avec prudence (techniques de récolte ? impact sur les herbiers ? évaluation des stocks et de la production ?).

5. DIRECTIONS DE RECHERCHE

La prise de conscience, à travers le monde, du fait que les écosystèmes à Phanérogames marines constituent un des éléments majeurs de l'économie de certaines mers ou océans ne signifie pas que le fonctionnement de ces systèmes soit connu et compris, pas plus que les conditions et les causes réelles de leur régression. Le fonctionnement des écosystèmes à Phanérogames marines apparaît comme extrêmement complexe : seule la compréhension des interactions entre le sédiment, les facteurs physico-chimiques, les producteurs primaires et les réseaux trophiques, peut déboucher, à travers un essai de modélisation, vers l'explication des régressions observées (dépassant les hypothèses simplistes et manichéennes généralement avancées), et de là vers des solutions.

Or, il faut bien constater que, dans tous les domaines, nos connaissances sont extrêmement fragmentaires, sinon élémentaires. Les quelques chiffres provisoires ou à valeur très locale, avancés çà et là, ne sauraient faire illusion.

L'herbier de Posidonia oceanica, l'un des écosystèmes les plus caractéristiques et les plus importants de Méditerranée, mais aussi le plus menacé, apparaît au premier plan des préoccupations. Les herbiers à Zostera noltii et Z. marina seront également considérés.

Thèmes prioritaires :

- Evaluation des biomasses réalisées et de la production primaire des Phanérogames et de leurs épiphytes (dont la contribution est peut être déterminante) : des données fiables et généralisables sont indispensables.

- Evaluation des stocks disponibles: herbiers en place (cartographie qualitative et quantitative) et banquettes de feuilles mortes rejetées sur les plages; connaissance des limites actuelles des herbiers permettant d'apprécier leur évolution éventuelle; amélioration des techniques de cartographie (télétection en particulier); estimation des stocks de poissons et de crustacés.

- Analyse du fonctionnement et de la dynamique des systèmes (interactions sédiments-facteurs physico-chimiques-producteurs-réseaux trophiques), afin de comprendre les causes réelles des régressions observées (causes souvent très indirectes, et qui sont peu claires, à l'exclusion de certains cas localisés), afin d'y remédier efficacement.

- Poursuivre la mise au point de techniques de réimplantation; elles devront répondre à des situations variées, et être utilisables sur des surfaces significatives.

- Etudier la compétitivité des produits susceptibles d'être tirés des feuilles de Phanérogames marines, en fonction des coûts et des stocks, compétitivité qui reste à établir.

- Les herbiers les plus rentables pour l'économie des mers étant sans doute des herbiers vivants et sains, il conviendra de mieux maîtriser les conditions de leur sauvegarde. Etudier en particulier l'impact des anrages et des chalutages; capacité admissible en fonction des types d'herbiers et d'ancre.

- Rôle des herbiers sur le contrôle des flux sédimentaires littoraux.

TABLES RONDES C 5 - C 6

MACROPHYTES ET MICROPHYTES D'EAU DOUCE

Rapporteurs : A. COUTE, C. DRAKIDES

INTRODUCTION

Impact économique des organismes végétaux dulçaquicoles

- valorisation des organismes :
 - . biomasse
 - . production de matières secondaires
 - . selon circuits économiques courts et longs
- valorisation des milieux
 - . loisirs
 - . pisciculture
 - . réserves d'eau potable et d'irrigation
- contrôle des nuisances
 - . amélioration des milieux
 - . production d'oxygène
 - . transformation des matières organiques, stockage des micropolluants (épuration par lagunage, contrôle des proliférations).

BILAN

Trois niveaux fondamentaux :

- 1 - floristique
 - . cartographie et évaluation des stocks (macrophytes)
 - . inventaire (micro et macrophytes), sélection de souches par rapport à leur production ou à leur richesse en matière exploitable
- 2 - cycles de croissance et de reproduction
 - . amélioration de la productivité
 - . amélioration des cultures (contrôle de la périodicité, appréhension des conditions climatiques ...)
- 3 - Substances élaborées

Trois étapes :

- 1 - Situation actuelle :
 - A - cultures extensives
 - milieux naturels
 - . sous estimation des potentialités des zones humides et des nécessités de gestion
 - . développement de l'exploitation des plans d'eau naturels : réserves d'eau, loisirs, pisciculture
 - . cartographie : quelques zones humides (démoustication)
 - milieux artificiels : développement
 - . épuration par lagunage : l'intérêt de la biomasse reste secondaire. Restent à améliorer conception et gestion des installations

- . en traitement de stockage d'eaux de ruissellement (bassins d'orage) ou d'infiltration de décharges. Apparition de problèmes lorsque d'autres utilisations sont recherchées (loisirs).

B - Cultures intensives :

La maîtrise de la culture industrielle de certains microphytes (*Spirulina*, *Chlorella*...) ne signifie pas une exploitation actuellement rentable.

- 2 - Etudes en cours

A - Microphytes

- *Botryococcus* : amélioration de la production d'hydrocarbure par sélection de souches et étude des conditions de culture.
- *Porphyridium* : production de polysaccharides exocellulaires. Etude de développement en cours.
- utilisation du phytoplancton en indicateur de toxicité (AFNOR)
- récolte, méthanisation : divers procédés.
- épuration : lien entre successions d'écosystèmes et niveaux d'épuration.

B - Relations microphytes - végétaux supérieurs d'intérêt agronomique :

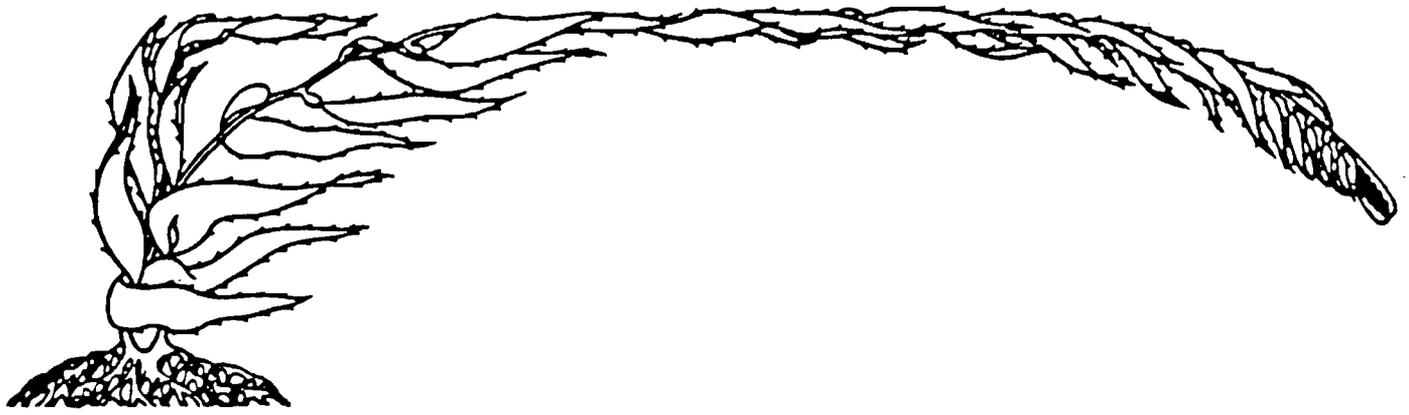
Cyanophycées fixatrices d'azote atmosphérique et riziculture.

C - Macrophytes :

- végétaux flottants, (*Eichhornia*, *Trappa*, *Lemma*) : rôle en productions fourragère et énergétique. Evaluation des risques de prolifération des espèces importées.
- végétaux enracinés : rôle en épuration et en milieux naturels, mécanisation de la récolte.

- 3 - Prospective

- généralisation des inventaires floristiques et de la cartographie des zones humides. Estimation des stocks.
- établissement de catalogues et fiches variétales et techniques, à but appliqué (cultures intensives, gestion des milieux, indicateurs de pollution ...)
- travaux fondamentaux : cycles, équilibre des écosystèmes complexes, variabilité génétique, physiologie ... (cultures intensives, gestion des milieux, épuration)
- recherche de filières économiques (actuellement inexistantes) pour :
 - . rentabilisation des cultures intensives (*Chlorella*, *Spirulina* ...)
 - . utilisation de la production des cultures extensives en milieu naturel ou artificiel, par développement de circuits courts de compostage, épandage agricole, alimentation animale, par ajustement aux conditions économiques (PVD, produits à valeur ajoutée)
- gestion : globalisation de l'approche des milieux dulçaquicoles
Recensement des organismes et associations concernés pouvant servir de bases à développement et de coordinateurs avec les administrations
- transfert des connaissances : point faible, à étayer et valoriser (exportation des connaissances). Rares structures existantes :
 - . enseignement : systématique : Museum ;
formation continue : Montpellier (CREUFOP) ;
formation universitaire spécialisée : DEA ALGOLOGIE, Université P. et M. CURIE
 - . diffusion des connaissances : groupe informel Microphytes-Macrophytes, AFL, Soc. Phycol. de France.



I N D E X

Ce chapitre comprend :

- un index des mots-clés caractérisant chaque communication affichée qui est publiée dans le présent ouvrage,
- un index des auteurs de communications affichées et des rapporteurs de tables rondes,
- un index des communications affichées, présentées au colloque et publiées ou non dans le présent ouvrage. Des mots-clés sont fournis pour les seules communications affichées publiées,
- un index des tables rondes avec les noms de leurs rapporteurs.

INDEX DES MOTS-CLÉS DES COMMUNICATIONS AFFICHÉES

Les nombres renvoient aux numéros des communications affichées

- accumulation 37
- acides gras volatils 20
- activité hypocoagulante 23
- activité mitogène 23
- adaptation 41
- agar 27
- agitation 12
- alcadiènes 22
- alginophyte 36, 39
- algoculture 36
- algo-forestier 6
- algue unicellulaire 22
- algues 14, 17, 25, 34, 49, 50
- alimentation 6, 54
- Alsidium* 5
- antibactériens 49, 50
- antifongiques 49, 50, 51
- antiparasitaire 5
- aquaculture 54
- assimilation azotée 46
- bétalaïnes 21
- bioconversion 26
- biogéographie 38
- bioindicateurs 34
- biomasse 47, 56
- biosynthèse 15
- botryococcènes 22
- Botryococcus braunii* 4, 22
- bouturage 29
- Bretagne 25
- carbonates 28
- carbone -14 44
- chaînes trophiques 34
- chimie 61
- Chlamydomonas* 16
- chlorophycées 4
- chlorophylle 21, 41, 48
- Chondrus crispus* 18, 46
- clones 31
- colloïdes 31
- compostage 6
- concentration 34
- Corallina* 5
- croissance 18, 21, 27, 35, 43
- croissance des embryons 1
- cultures 12, 13, 19, 31, 35, 39, 46
- cultures abritées 33
- cultures continues 16, 26
- cultures de cellules 21
- cultures intensives 1
- Cystoseira* 36, 39
- Delesseria* 61
- délessérine 61
- dépollution 15, 56
- destruction 29
- diatomées 15, 51
- digestion anaérobie 13, 20, 32
- Dombes 59
- eaux chaudes 13, 33
- eaux ruissellement 10
- eaux usées 24
- éclairage 44
- écophysiologie 3
- effluents urbains 56
- Eichhornia crassipes* 13, 24, 33, 47, 56
- éléments minéraux 1
- énergie 14, 26
- engrais 12
- épuration 9, 11, 33, 47
- étangs 24, 59
- eutrophisation 17
- exploitation 40
- extrait algal 42
- fertilisant 42
- fluorescence 48
- filtration 32
- fucales 35, 39
- fucoïdanes 53
- gaz carbonique 18
- Gracilaria* 12
- hydrocarbures 4, 15, 19
- hydrolyse 20
- Hypnea* 3, 46
- immobilisation 4, 32
- Jania* 5
- Kerguelen 40
- lagunage 10, 11
- lagune 36
- Lemna* 14, 47
- lipides 15

lits à macrophytes 11
 macroalgues 20
 macrophytes 9, 10, 11, 59
 marée verte 17
 Méditerranée 36, 39, 50
 métabolites secondaires 52
 métaux lourds 9
 métaux toxiques 37
 méthanisation 6, 14, 33
 méthanol 13
 microalgues 16, 19, 32
 milieu marin 28
 morphogénèse 35
 nutriments 11
 nutrition azotée 19
Palmaria palmata 43
 phanérogame marine 44
 pharmacologie 5
 phénols 61
 phéophycées 40, 42, 53
 photorespiration 18
 photosynthèse 18, 28, 41, 43
Phragmites 38
 phycocolloïdes 52
 physico-chimie 53
 phytoplancton 37, 48, 54
 pigments 43
 polyploïdie 38
 polysaccharides 16, 51
 polysaccharides sulfatés 23
 populations naturelles 3, 40
 polyuréthane 4

Porphyridium 16
Posidonia oceanica 29, 44
 potentiel économique 25
 prétraitement 20
 productivité 48, 59
 production 24, 27, 28, 43
 production en bac 3
 production primaire 44
 prospective 25
Ptilonia magellanica 49
 radionucléides 34
 régénérations 35
 réimplantation 29
 rendement 26, 41
 rhodophycées 12, 23, 31, 46, 52, 61
Rissoella verruculosa 52
Sargassum muticum 1
 sciaphile 41
 sélection 27, 31
 sélection souches 22
Spirulina 26, 28
 structure 53
 sucres 21
 support artificiel 1
 transpiration 38
Trapa natans 59
Typha 9
Ulva 14, 17, 24
 ulves 6
 valorisation 17, 47, 52
 variations saisonnières 27
 zinc 9

INDEX DES AUTEURS DE COMMUNICATIONS AFFICHÉES
ET DES RAPPORTEURS DE TABLES RONDES

*Les nombres renvoient aux numéros des communications affichées
ou aux codes des tables rondes*

ALGAMAR K. 32
ALTAZIN R. 1
ANDRE M. 18
ANGRAND B. 2
ARCHIPRETRE M. 2
ASENSI A. 3, 26
AUBART C. 13
BAILLIEZ C. 4
BALANSARD G. 5
BARBOTIN J-N. 58
BECHU J-Y. 6
BELSHER T. 7, A1
BEN AIM R. 32
BERKALOFF C. 4, 19, B1
BIANCHI M. C1
BILLARD C. 8
BLAKE G. 9, 10, 11, B4
BODARD M. 12, A2, C2
BOILLOT M. 13
BONIN D. B2, C3
BORIES A. 14, 20
BOUDE J-P. B6
BOUDOURESQUE C-F. 44, C4
BOUTRY J-L. 15
BRANCHARD M. B3
BRAUD J-P. 16
BRAULT D. 17
BRAUN M. 23
BRECHIGNAC F. 18
BRECKMANN F. 19
BRIAND X. 17
BROUARD F. 14, 20
BROUERS M. 58
BULARD C. 21
CAPORICCIO B. 23
CARAM B. 50
CASADEVALL E. 4, 19, 22
CATAYEE G. 23, 52
CAVALLI C. 5
CHALET M. 23, 52
CHARPENTIER M. A4
CHASSANY DE CASABIANCA M-L. 24
CHASSE C. 6, 25
CHASSIN P. 16
CHAUMONT D. 16, 21, 26, 60
CHAUMONT J-P. 49
CHEVOLOT L. 61, A4
CHRISTIAEN D. 27
CLOSTERMANN M. 28
CODOMIER L. 23, 52
COMBAUT G. 52
COOPER G. 29
COSSON J. 8
COUTE A. 22, 30, 41, C6
DEFAYE J. 51
DELEPINE R. 3, 26, 40, 49, B3
DESTOMBE C. 31
DION P. 43
DRAKIDES C. C5
DUMONT M. 33
DUPRE M. B4
ELMALEH S. 32
FAUCHILLE S. 13
FLEURY D. B5
FOURCY A. 33
GAGNAIRE-MICHARD J. 9

GASQUET G. 5
 GAYRAL P. 8, B5
 GERMAIN P. 34, A6
 GIRARD J-P. 52
 GIRARD P. 13
 GIRAUD G. 35
 GNASSIA-BARELLI M. 37, 51
 GOLVEN P. 17
 GORENFLOT R. 38
 GRASMICK A. 32
 GROS C. 36, 39
 GUDIN C. 16, 21, 26, 58, 60
 GUEHO E. 51
 HARDSTEDT-ROMEO M. 37
 HUBAC C. 38
 HUBAC J-M. 38
 JUPIN H. 48
 KABORE S.A. 52
 KERAMBRUN L. 25
 KIRASSIAN B. 9
 KLOAREG B. 53, A3
 KNOEPFFLER-PEGUY M. 36, 39, C2
 LAMBERT C. 3, 40
 LARGEAU C. 4, 19, 22
 LECLERC J-C. 41
 LEFEBVRE C. 42
 LEMAIRE C. 16
 LE ROMANCER M. 40
 LE TRIVIDIC D. 6
 LEVAVASSEUR G. 43
 L'HARDY-HALOS M-Th. 3
 LIBES M. 44
 MARTIN-BOUYER M. 10
 MARY J. 21
 MASSON M. 34
 MENASSA A. 45, A6
 METZGER P. 22
 MICALEF H. 8
 MILLET F. 45
 MOLLION J. 46
 MORAND Ph. A5
 MORVAN H. 27
 MOUGIN E. 47
 NEVEUX J. 48
 NICOD F. 49
 PELLEGRINI M. 5
 PESANDO D. 50, 51
 PIOVETTI L. 52
 PLANTE-CUNY M-R. 44, C4
 POTOKY P. 6
 REBECQ J. 9
 REVIERS B. de 53
 RINAUDO M. 51
 ROBIN J-H. 54
 ROECK-HOLTZHAUER Y. de 55
 SALEÛN J-P. 61
 SAUZE F. 14, 56
 SECCONI G. 57
 SILHOL M. 60
 STADLER T. 12
 TESTE J. 23, 52
 THEPENIER C. 16, 58
 THOMAS D. 58
 THUOT M. 59
 TIMON-DAVID P. 5
 TORTEY A. 3
 TREGAROT E. 40
 VAQUETTE J. 49
 VIDAL J-P. 52
 VIGNAUD M. 23, 52
 VIGNET P. 60
 VUILLOT M. 11, B4
 WITTENBERG M. 10
 YASUDA T. 9
 YVIN J-C. 61

INDEX DES COMMUNICATIONS AFFICHÉES

Toutes les communications affichées présentées au colloque sont indiquées ci-dessous ; l'absence de mot-clé signifie que la communication concernée n'est pas publiée dans cet ouvrage

Mots-clés

- | | | |
|----|---|--|
| 1 | <p>ALTAZIN R.
Essais de captage de jeunes stades d'algues marines sur supports de culture. 1ère étape : obtention et fixation des jeunes stades sur le support de culture.</p> | <p>cultures intensives
<i>Sargassum muticum</i>
croissance des embryon
support artificiel
éléments minéraux.</p> |
| 2 | <p>ARCHIPRETRE M. & ANGRAND B.
La méthanisation des végétaux aquatiques.</p> | |
| 3 | <p>ASENSI A., DELEPINE R., LAMBERT C.,
L'HARDY-HALOS M-Th. & TORTEY A.
Approche pluridisciplinaire pour l'étude de l'algue carraghénophyte <i>Hypnea musciformis</i>, en vue d'une meilleure valorisation.</p> | <p><i>Hypnea</i>
production en bac
populations naturelles
écophysiologie.</p> |
| 4 | <p>BAILLIEZ C., LARGEAU C., CASADEVALL E.
& BERKALOFF C.
Immobilisation dans des mousses de polyuréthane de l'algue riche en hydrocarbures <i>Botryococcus braunii</i>.</p> | <p>immobilisation
polyuréthane
hydrocarbures
chlorophycées
<i>Botryococcus braunii</i>.</p> |
| 5 | <p>BALANSARD G., PELLEGRINI M., CAVALLI C.,
TIMON-DAVID P. & GASQUET G.
Etude botanique et pharmacologique de trois algues à potentialités antiparasitaires : <i>Alsidium helminthochorton</i> Kütz., <i>Jania rubens</i> Lamour. et <i>Corallina officinalis</i> L.</p> | <p>pharmacologie
antiparasitaire
<i>Alsidium</i>
<i>Jania</i>
<i>Corallina</i>.</p> |
| 6 | <p>BECHU J-Y., POTOKY P., CHASSE C. & LE TRIVIDIC D.
Valorisation des algues marines en compostage.</p> | <p>compostage
algo-forestier
méthanisation
alimentation
ulves.</p> |
| 7 | <p>BELSHER T.
Télédéttection et variations du phytobenthos intertidal.
<i>Voir article dans Penn ar Bed 13(108-109), 65-73, 1982.</i></p> | |
| 8 | <p>BILLARD C., COSSON J., GAYRAL P. & MICALÉF H.
Laboratoire d'Algologie fondamentale et appliquée de l'Université de Caen : Activités en rapport avec des finalités d'application.</p> | |
| 9 | <p>BLAKE G., GAGNAIRE-MICHARD J., KIRASSIAN B.,
REBECQ J. & YASUDA T.
Accumulation du Zinc chez <i>Typha latifolia</i>.</p> | <p>macrophytes
épuration
métaux lourds
zinc
<i>Typha</i>.</p> |
| 10 | <p>BLAKE G., MARTIN-BOUYER M. & WITTENBERG M.
Epuration des eaux de ruissellement de chaussée par lagunage.</p> | <p>lagunage
macrophytes
eaux ruissellement.</p> |

Mots-clés

- 11 BLAKE G. & VUILLOT M.
Choix des macrophytes dans un système d'épuration.
macrophytes
épuration
nutrients
lagunage
lits à macrophytes.
- 12 BODARD M. & STADLER T.
Réflexions sur les problèmes d'algoculture à partir
d'une expérimentation sur *Gracilaria verrucosa*.
Gracilaria
cultures
agitation
engrais
rhodophycées.
- 13 BOILLOT M., GIRARD P., AUBART C. & FAUCHILLE S.
Méthanol à partir de jacinthe d'eau.
cultures
Eichhornia crassipes
méthanol
eaux chaudes
digestion anaérobie.
- 14 BORIES A., BROUARD F. & SAUZE F.
Méthanisation de divers végétaux aquatiques.
énergie
méthanisation
algues
Lemna
Ulva.
- 15 BOUTRY J-L.
La diatomée marine *Chaetoceros calcitrans* Paulsen
peut-elle aider l'homme à purifier la mer ?
dépollution
biosynthèse
lipides
hydrocarbures
diatomées.
- 16 BRAUD J-P., CHAUMONT D., GUDIN C., THEPENIER C.,
CHASSIN P. & LEMAIRE C.
Microalgues productrices de polysaccharides
exocellulaires.
microalgues
Porphyridium
Chlamydomonas
polysaccharides
cultures continues
- 17 BRAULT D., BRIAND X. & GOLVEN P.
Les marées vertes.
algues
Ulva
eutrophisation
marée verte
valorisation.
- 18 BRECHIGNAC F. & ANDRE M.
Croissance et physiologie d'une macroalgue
d'intérêt industriel (*Chondrus crispus*) analysées
par la mesure en continu des échanges gazeux.
croissance
photosynthèse
gaz carbonique
photorespiration
Chondrus crispus.
- 19 BRECKMANN F., LARGEAU C., CASADEVALL E.
& BERKALOFF C.
Influence de la nutrition azotée sur la croissance
et la production d'hydrocarbures de *Botryococcus*
braunii.
microalgues
cultures
hydrocarbures
nutrition azotée.
- 20 BROUARD F. & BORIES A.
Dégradation des constituants cellulaires en phase
acidogène lors de la digestion anaérobie de la
biomasse végétale aquatique.
macroalgues
digestion anaérobie
hydrolyse
acides gras volatils
prétraitement.

- 21 BULARD C., CHAUMONT D., GUDIN C. & MARY J.
Production de bêtaïnes par culture de cellules de *Myrtillocactus*. Passage de l'hétérotrophie à l'autotrophie avec des cultures de cellules d'*Asparagus*.
cultures de cellules
sucres
croissance
chlorophylle
bêtaïnes.
- 22 CASADEVALL E., METZGER P., LARGEAU C. & COUTE A.
Etude analytique de souches sauvages de *Botryococcus braunii* : nature des hydrocarbures.
algue unicellulaire
Botryococcus braunii
sélection souches
alcadiènes
botryococcènes.
- 23 CHALET M., VIGNAUD M., CAPORICCIO B., BRAUN M., CODOMIER L., TESTE J. & CATAYEE G.
Propriétés biologiques d'une substance polysaccharidique sulfatée (armatan) isolée à partir de *Asparagopsis armata* Harv. (Rhodophycée Bonnemaisoniale).
rhodophycées
polysaccharides sulfatés
activité hypocoagulante
activité mitogène.
- 24 CHASSANY DE CASABIANCA M-L.
Production de macrophytes et épuration. Incidence de la récolte - en milieu lagunaire eutrophisé avec *Ulva lactuca* - sur eaux résiduaires avec *Eichhornia crassipes*.
production
étangs
eaux usées
Ulva
Eichhornia crassipes.
- 25 CHASSE C. & KERAMBRUN L.
Le champ d'algues breton et son potentiel économique : répartition, espèces, biomasses et production.
algues
Bretagne
prospective
potentiel économique.
- 26 CHAUMONT D., DELEPINE R., GUDIN C. & ASENSI A.
Bioconversion de l'énergie par *Spirulina maxima* en culture continue.
Spirulina
cultures continues
bioconversion
énergie
rendement.
- 27 CHRISTIAEN D. & MORVAN H.
Biochimie et Physiologie de la production d'agar chez *Gracilaria verrucosa*.
agar
variations saisonnières
croissance
production
sélection.
- 28 CLOSTERMANN M.
Cultures de spirulines en milieu tropical marin.
production
photosynthèse
carbonates
Spirulina
milieu marin.
- 29 COOPER G.
Réimplantation de *Posidonia oceanica*.
Posidonia oceanica
réimplantation
destruction
bouturage.
- 30 COUTE A.
Apports des techniques modernes à la cytologie et à la systématique. L'exemple de *Geitleria calcarea* Friedmann (Cyanophycées, Stigonematales). (voir article dans *Hydrobiologia* 97, 255-274, 1982).
Geitleria calcarea
Friedmann (Cyanophycées, Stigonematales).
(voir article dans *Hydrobiologia* 97, 255-274, 1982).

- | | | |
|----|---|---|
| 31 | DESTOMBE C.
Approche des méthodes de sélection chez quelques Rhodophycées cultivées. | sélection
clones
cultures
colloïdes
rhodophycées. |
| 32 | ELMALEH S., ALGAMAR K., GRASMICK A. & BEN AIM R.
Méthanisation des microphytes d'épuration par filtration anaérobie. | microalgues
digestion anaérobie
filtration
immobilisation. |
| 33 | FOURCY A. & DUMONT M.
Culture de jacinthe d'eau sur bassin d'eau réchauffée par des calories perdues : valorisation par méthanisation. | eaux chaudes
cultures abritées
<i>Eichhornia crassipes</i>
épuration
méthanisation. |
| 34 | GERMAIN P. & MASSON M.
Les algues en radioécologie marine. | algues
radionucléides
bioindicateurs
chaînes trophiques
concentration. |
| 35 | GIRAUD G.
Réalisation de cultures de Fucales à partir de régénérations obtenues <i>in vitro</i> en vue de l'expérimentation. | fucales
cultures
régénérations
morphogénèse
croissance. |
| 36 | GROS C. & KNOEPFFLER-PEGUY M.
Croissance comparée de <i>Cystoseira barbata</i> (Good. et Woodw.) Ag. (Fucales) cultivée dans deux milieux naturels. | algoculture
lagune
Méditerranée
alginophyte
<i>Cystoseira</i> |
| 37 | HARDSTEDT-ROMEIO M. & GNASSIA-BARELLI M.
Effet du cuivre, du cadmium et du mercure sur des cultures mono-et plurispécifiques du phytoplancton marin. | phytoplancton
métaux toxiques
accumulation. |
| 38 | HUBAC J-M., HUBAC C. & GORENFLOT R.
Transpiration journalière, distribution géographique et polyploïdie chez le roseau, <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud. | <i>Phragmites</i>
transpiration
biogéographie
polyploïdie. |
| 39 | KNOEPFFLER-PEGUY M. & GROS C.
Cultures expérimentales d'une alginophyte de Méditerranée : <i>Cystoseira barbata</i> (Fucales). | cultures
alginophyte
Méditerranée
fucales
<i>Cystoseira</i> . |
| 40 | LAMBERT C., LE ROMANCER M., TREGAROT E. & DELEPINE R.
Les grandes Phéophycées d'intérêt économique aux îles Kerguelen. | exploitation
phéophycées
Kerguelen
populations naturelles |

- 41 LECLERC J-C. & COUTE A.
Adaptations photosynthétiques d'une algue de mares situées en sous-bois : *Chlorobotrys* sp. (Xanthophycées).
adaptation
photosynthèse
rendement
chlorophylle
sciaphile.
- 42 LEFEBVRE C.
Un fertilisant foliaire extrait d'algues brunes.
phéophycées
extrait algal
fertilisant.
- 43 LEVAVASSEUR G. & DION P.
Stratégie de production *in situ* d'une Rhodophycée source potentielle de protéines : *Palmaria palmata* (L.) O. Kuntze.
production
croissance
pigments
photosynthèse
Palmaria palmata.
- 44 LIBES M., PLANTE-CUNY M-R. & BOUDOURESQUE C-F.
Relation entre la productivité et l'éclairement chez *Posidonia oceanica* : données préliminaires.
production primaire
carbone 14
phanérogame marine
Posidonia oceanica
éclairage.
- 45 MILLET F. & MENASSA A.
Domaine d'Activité de la Société AGRODEVELOPPEMENT.
- 46 MOLLION J.
Expériences de culture d'algues à carraghénanes en Corse.
culture
rhodophycées
Hypnea
Chondrus crispus
assimilation azotée.
- 47 MOUGIN E.
Utilisation des végétaux aquatiques flottants dans l'épuration tertiaire des eaux usées domestiques.
épuration
biomasse
Eichhornia crassipes
Lemna
valorisation.
- 48 NEVEUX J. & JUPIN H.
Fluorescence et productivité du phytoplancton.
phytoplancton
productivité
fluorescence
chlorophylle.
- 49 NICOD F., DELEPINE R., VAQUETTE J. & CHAUMONT J-P.
Activités antibactériennes et antifongiques d'algues marines subantarctiques et méditerranéennes.
algues
antibactériens
antifongiques
Ptilonia magellanica.
- 50 PESANDO D. & CARAM B.
Etude des propriétés antibactériennes et antifongiques de quelques algues marines de la côte des Alpes Maritimes.
algues
Méditerranée
antibactériens
antifongiques.
- 51 PESANDO D., GNASSIA-BARELLI M., GUEHO E., RINAUDO M. & DEFAYE J.
Propriétés antifongiques de certaines algues planctoniques. Caractérisation d'un antifongique spécifique isolé à partir d'une diatomée marine : *Chaetoceros lauderi* Ralfs.
diatomées
polysaccharides
antifongiques.

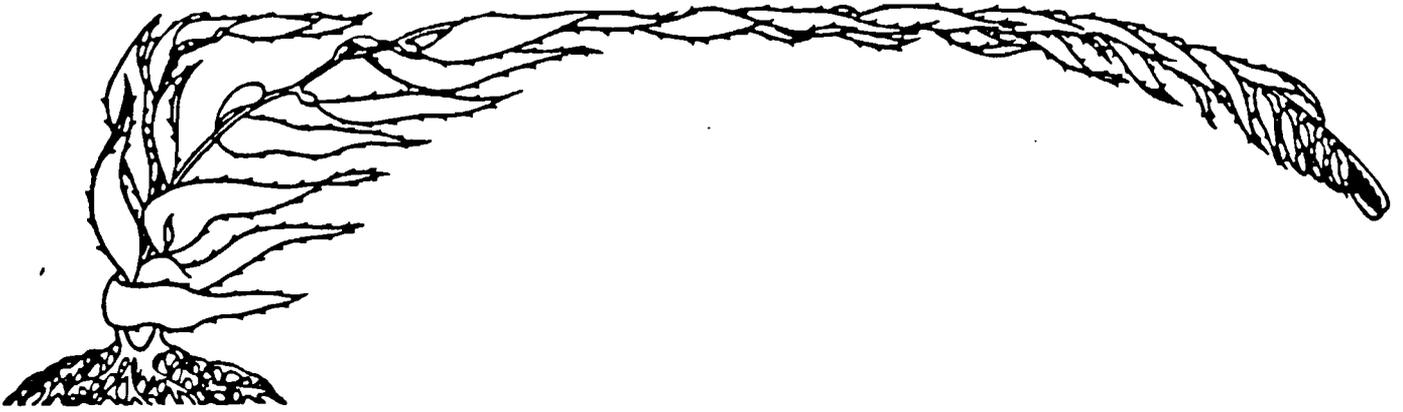
Mots-clés

- 52 PIOVETTI L., COMBAUT G., CODOMIER L., TESTE J.,
KABORE S.A., VIDAL J-P., GIRARD J-P., CATAYEE G.,
CHALET M. & VIGNAUD M.
Contribution à l'étude chimique de la Rhodophycée
Rissoella verruculosa.
rhodophycées
valorisation
Rissoella verruculosa
phycocolloïdes
métabolites secondaires.
- 53 de REVIERS B. & KLOAREG B.
Etude chimique et physico-chimique de fucoïdanes
extraits de *Pelvetia canaliculata*, *Fucus spiralis*,
Fucus serratus, *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria*
bifurcata et *Laminaria saccharina*.
phéophycées
fucoïdanes
structure
physico-chimie.
- 54 ROBIN J.H.
Production et utilisation des algues unicellulaires
pour l'aquaculture marine au centre océanologique
de Bretagne.
phytoplancton
aquaculture
alimentation.
- 55 de ROECK-HOLTZHAUER Y.
Emploi des algues en Pharmacie et en Cosmétologie.
- 56 SAUZE F.
Cultures expérimentales de jacinthe d'eau en vue
de la production de biomasse et de la dépollution.
dépollution
effluents urbains
biomasse
Eichhornia crassipes.
- 57 SECCONI G.
Proposition de création d'un centre technique
de la végétation marine et des lacs.
- 58 THEPENIER C., GUDIN C., THOMAS D., BROUERS M.
& BARBOTIN J.N.
Immobilisation de microalgues et productions
exocellulaires.
- 59 THUOT M.
Valorisation de la châtaigne d'eau (*Trapa natans*).
Première évaluation de la production naturelle en
Dombes.
productivité
macrophytes
étangs
Trapa natans
Dombes.
- 60 VIGNET P., CHAUMONT D., GUDIN C. & SILHOL M.
Domaine économique des cultures de cellules
photosynthétiques.
(voir article dans "Les végétaux aquatiques",
Biomasse Actualités, sup. 3, 69-70, 1983).
- 61 YVIN J-C, CHEVOLOT L. & SALEÛN J-P.
Etude biochimique et pharmacologique d'une
Rhodophycée *Delesseria sanguinea* (Linné) Lamouroux.
rhodophycées
Delesseria
chimie
phénols
déléssérine

INDEX DES TABLES RONDES

Les noms des rapporteurs sont mentionnés pour chaque table ronde

A1	- Potentiel biologique. Stocks. Inventaires	BELSHER
A2	- Techniques de récolte. Techniques de culture en laboratoire et <i>in situ</i>	BODARD
A3	- Substances colloïdales. Protéines. Farines d'algues	KLOAREG
A4	- Substances biologiquement actives	CHARPENTIER CHEVOLOT
A5	- Energie (méthanisation, production d'hydrocarbures...)	MORAND
A6-1	- Arômes et colorants	MENASSA
A6-2	- Radioéléments et végétaux aquatiques	GERMAIN
B1	- Formation et recrutement des spécialistes. Vulgarisation et transfert des connaissances	BERKALOFF
B2	- Amélioration des rendements (influence des facteurs de production)	BONIN
B3	- Amélioration des rendements (cycles de vie et variabilité génétique)	BRANCHARD DELEPINE
B4	- Pollution des végétaux. Epuration des eaux par les végétaux	BLAKE DUPRE VUILLOT
B5-1	- Introduction d'espèces non indigènes	GAYRAL
B5-2	- Conservation et aménagement du milieu	FLEURY
B6	- Economie en relation avec les choix scientifiques et techniques	BOUDE
C1	- Relations bactéries - végétaux	BIANCHI
C2	- Macroalgues	BODARD KNOEPFLER
C3	- Microphytes marins	BONIN
C4	- Phanérogames marines	BOUDOURESQUE PLANTE-CUNY
C5-C6	- Macrophytes et microphytes d'eau douce	COUTE DRAKIDES



REPertoire VALVA

Ce chapitre est composé de trois parties :

- les adresses des personnes intéressées par la valorisation des végétaux aquatiques. Dans cette liste les participants au colloque sont signalés par un astérisque.
- les activités des personnes intéressées par la valorisation des végétaux aquatiques. Ces activités sont présentées dans un tableau **synthétique**.
- l'analyse des données du répertoire, fondée sur le commentaire des réponses rassemblées dans le tableau synthétique.

ADRESSES DES PERSONNES INTÉRESSÉES
PAR LA
VALORISATION DES VÉGÉTAUX AQUATIQUES

*Les participants au colloque sont signalés par un astérisque. Pour les
abréviations non explicitées voir la "liste des sigles et acronymes
utilisés" placée en début d'ouvrage*

- * M. ALTAZIN Régis
Service Algoculture
Station Marine
28, avenue Foch
B.P. 41
62930 WIMEREUX
- * M. AMADE Philippe
Unité 303 - Mer & Santé
I N S E R M
La Darse
B.P. 3
06230 VILLEFRANCHE-SUR-MER
- M. ANDRE Marcel
Biologie - Agrophysiologie
C E A - C E N Cadarache
B.P. 1
13118 SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE CEDEX
- Mme ANDRIAMAMPANDRY Anna
Biologie Végétale Marine
Université P. & M. Curie
7, quai Saint-Bernard
75252 PARIS CEDEX 05
- * Mlle ARCHIPRETRE Martine
Algologie
Université Sciences & Techniques
Lille-Flandres-Artois
Bât. SN2
59655 VILLENEUVE-D'ASCQ CEDEX
- * M. ARRIGNON Jacques
Conseil Supérieur de la Pêche
Délégation Régionale n° 1
3, rue Sainte-Marie
60200 COMPIEGNE
- M. ARZEL Pierre
D E R O / Pêches
I F R E M E R - Centre de Brest
B.P. 70
29263 PLOUZANE
- M. ASENSI Aldo
Ecobiogéographie
& Valorisation des Algues (B V M)
Université P. & M. Curie
7, quai Saint-Bernard
75252 PARIS CEDEX 05
- M. AUBART Christian
c/o Centre Recherche S C P A
ASPACH-LE-BAS
68700 CERNAY
- M. AUGIER Henry
Biologie Végétale Marine
Faculté Sciences Luminy (case 901)
Université Aix-Marseille II
70, route Léon Lachamp
13288 MARSEILLE CEDEX 9
- Mlle BAILLEZ Christine
voir Mme BAILLEZ-STORCK Christine
- * Mme BAILLIEZ-STORCK Christine
22, avenue Jean XXIII
95600 EAUBONNE
- M. BALANSARD Guy
Matière médicale
Faculté Pharmacie
Université Aix-Marseille II
27, boulevard Jean Moulin
13385 MARSEILLE CEDEX 5

- M. BALCON Jean
Mogueran
29232 PLOUGUERNEAU
- * M. BARBE Jacques
Qualité des Eaux, Pêche & Pisciculture
C E M A G R E F
3, quai Chauveau
69336 LYON CEDEX 09
- * M. BECHU Jean-Yves
Centre des Quatre Vaulx (C.A.P.M.)
Notre-Dame-du-Guildo
B.P. 1
22380 SAINT-CAST-LE-GUILD0
- * M. BELSHER Thomas
D E R O / E L
I F R E M E R - Centre de Brest
B.P. 70
29263 PLOUZANE
- Mme BERGER-PERROT Yvette
Phytobenthos
Station Biologique
Place Georges Tessier
29211 ROSCOFF
- * Mme BERKALOFF Claire
Biomembranes
& Surfaces Cellulaires Végétales
Ecole Normale Supérieure
46, rue d'Ulm
75230 PARIS CEDEX 05
- * Mlle BERTRAND Martine
Botanique-Photobiologie (B 22)
Université
SART-TILMAN
B - 4000 LIEGE
BELGIQUE
- * M. BETIN Stéphane
Equipe Architecture
5 bis, avenue Philippe le Boucher
92200 NEUILLY-SUR-SEINE
- M. BEUFFE Henri
Qualité des Eaux, Pêche & Pisciculture
C E M A G R E F
50, avenue de Verdun
Gazinet - B.P. 3
33610 CESTAS PRINCIPAL
- M. BEURIER Jean-Pierre
Centre Economie & Droit de la Mer
C E D E M
Faculté de Droit
B.P. 331
29273 BREST CEDEX
- * M. BIANCHI Jean-Paul
40, boulevard du Roi
78000 VERSAILLES
- * Mme BIANCHI Micheline
Microbiologie marine
(C N R S ER 223)
Campus Luminy
70, route Léon Lachamp
13288 MARSEILLE CEDEX 9
- M. BIARD Jean-François
Substances marines
à Activité Biologique
Faculté de Médecine & Pharmacie
rue Avicenne
5010 MONASTIR
TUNISIE
- Mme BILLARD Chantal
Algologie Fondamentale & Appliquée
Université de Caen
39, rue Desmoueux
14000 CAEN
- * M. BLAKE Gérard
Biologie-Ecologie (groupe Ecologie A)
Université de Savoie
B.P. 1104
73011 CHAMBERY CEDEX
- * M. BODARD Marcel
70, rue La Louvière
59800 LILLE
- * M. BONIN Daniel
Centre Océanologique de Marseille
Station marine d'Endoume
Rue de la Batterie des Lions
13007 MARSEILLE
- * M. BONNARD Romain
Qualité des Eaux, Pêche & Pisciculture
C E M A G R E F
3, quai Chauveau
69336 LYON CEDEX 09

- * M. BORIES André
Station d'Oenologie & Technologie
des Produits Végétaux I N R A
Boulevard du Général de Gaulle
B.P. 72
11104 NARBONNE CEDEX
- M. BOUCHER Philippe
JEUNESSE & MARINE
4, place Saint-Germain-des-Prés
75006 PARIS
- * M. BOUDE Jean-Pierre
Ecole Nationale Supérieure Agronomique
65, rue de Saint-Brieuc
35042 RENNES CEDEX
- * M. BOUDOURESQUE Charles-François
Ecologie du Benthos
& Biologie Végétale Marine
Faculté Sciences de Luminy (case 901)
70, route Léon Lachamp
13288 MARSEILLE CEDEX 9
- * Mme BOUQUET Janine
c/o Viviane DESCHAMPS
Cotty KERHAMON DIBEN
29228 PLOUGASNOU
- M. BOUSQUET Jean-Claude
D I V A
O R S T O M
213, rue La Fayette
75010 PARIS
- * M. BOUTON Jean-Pierre
Informations Maritimes
Ouest-France
Z.I. Rennes Chantepie
35012 RENNES CEDEX
- * M. BOUTRY Jean-Luc
Laboratoire Biochimie
Ecole Nationale Supérieure Chimie
Campus Beaulieu
35000 RENNES
- * Mlle BOYEN Catherine
C E O B M
Station Biologique
Place Georges Tessier
29211 ROSCOFF
- * M. BRANCHARD Michel
Amélioration des Plantes
Université Paris-Sud
Bât. 360
91405 ORSAY CEDEX
- M. BRAUD Jean-Paul
MERO-ROUSSELOT-SATIA
Usine de BAUPTÉ
50500 CARENTAN
- * M. BRAULT Dominique
Centre Etude
& Valorisation des Algues
Presqu'île de Pen Lan - B.P. 3
22610 PLEUBIAN
- * M. BRAUN Michel
Biologie du Développement
& de la Reproduction Humaine
Faculté de Médecine
Université Montpellier I
2, rue Ecole de Médecine
34060 MONTPELLIER CEDEX
- * M. BRECHIGNAC François
Biologie - Agrophysiologie
C E A - C E N Cadarache
B.P. 1
13118 SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE CEDEX
- Mme BREMOND DE LESTANG Geneviève
Voir Mme LESTANG-BREMOND Geneviève
- * Mlle BRENCKMANN Françoise
54, avenue des Gressets
78170 LA-CELLE-SAINT-CLOUD
- * M. BRIAND Xavier
Centre Etude
& Valorisation des Algues
Presqu'île de Pen Lan - B.P. 3
22610 PLEUBIAN
- M. BRIN André-Yves
I F R E M E R
66, avenue d'Iéna
75116 PARIS
- * M. BROUARD François
4, rue Ernest Patas d'Illiers
45160 OLIVET
- Mlle BULARD Camille
Physiologie Végétale
Université de Nice
28, avenue Valrose
06034 NICE CEDEX
- * M. CABOCHE Claude
Comité Central des Pêches Maritimes
11, rue Anatole de la Forge
75017 PARIS

- * M. CAPORICCIO Bertrand
Biologie du Développement
& de la Reproduction Humaine
Université Montpellier I
Faculté de Médecine
2, rue Ecole de Médecine
34060 MONTPELLIER CEDEX
- Mme CARAM Bernadette
40, avenue Albert 1er
06230 VILLEFRANCHE-SUR-MER
- Mme CARPENTIER Brigitte
3/102 place Magritte
B - 1348 LOUVAIN-LA-NEUVE
BELGIQUE
- Mme CASADEVALL Eliette
Chimie Bioorganique
& Organique Physique
E N S C P
11, rue P. & M. Curie
75231 PARIS CEDEX 05
- * M. CATAYEE Gabriel
Rectorat Fort-de-France
B.P. 681
97208 FORT-DE-FRANCE CEDEX
- Mme CAYE Gilberte
Biologie & Ecologie Marines
Université de Nice
26, avenue de Valrose
06034 NICE CEDEX
- * M. CHABANNES René
MERO-ROUSSELOT-SATIA
15, rue d'Eylau
75116 PARIS
- * M. CHALET Marcel
Biologie du Développement
& de la Reproduction Humaine
Faculté de Médecine
Université Montpellier I
2, rue Ecole de Médecine
34060 MONTPELLIER CEDEX
- * Mme CHARPENTIER Micheline
C E R C O A
C N R S
2-8, rue Henri Dunant
94320 THIAIS
- * Mme CHASSANY DE CASABIANCA Marie-Luce
Biologie Animale
Université Sciences & Techniques
du Languedoc
Place Eugène Bataillon
34060 MONTPELLIER CEDEX
- * M. CHASSE Claude
Institut Etudes Marines
Université Bretagne Occidentale
6, avenue Victor Le Gorgeu
29283 BREST CEDEX
- * M. CHAUMONT Daniel
Association pour la Recherche
en Bioénergie Solaire (A R B S)
C E A - C E N Cadarache
B.P. 1
13118 SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE CEDEX
- M. CHAUMONT Jean-Pierre
Matière Médicale & Cryptogamie
Faculté de Médecine & Pharmacie
4, place Saint-Jacques
25030 BESANCON CEDEX
- M. CHEVILLARD Henri
Affaires Maritimes
Secrétariat d'Etat à la Mer
3, place Fontenoy
75700 PARIS
- * Mme CHEVOLOT Anne-Marie
16, Allée des Platanes
La Trinité
29263 PLOUZANE
- * M. CHEVOLOT Lionel
Océanographie Chimique
Université Bretagne Occidentale
6, avenue Victor Le Gorgeu
29283 BREST CEDEX
- * M. CHIRAC Christian
c/o Association pour la Recherche
en Biologie Solaire (A R B S)
C E A - C E N Cadarache
B.P. 1
13118 SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE CEDEX
- * M. CHOPARD Pierre
Laboratoire Central
Société Lyonnaise Eaux & Eclairage
42, avenue du Président Wilson
78230 LE PECQ

- M. CHOPIN Thierry
Polysaccharides Pariétaux Végétaux
UFR Biologie
Université Sciences & Techniques
Lille-Flandres-Artois
Bat. SN2
59655 VILLENEUVE-D'ASCQ CEDEX
- * M. CHRISTIAEN Daniel
Polysaccharides Pariétaux Végétaux
UFR Biologie
Université Sciences & Techniques
Lille-Flandres-Artois
Bat. SN2
59655 VILLENEUVE-D'ASCQ CEDEX
- * M. CLOSTERMANN Michel
28, boulevard du Roi
78000 VERSAILLES
- * M. CODOMIER Louis
Groupe de Recherches en Biologie
& Chimie des Végétaux Marins
Université de Perpignan
Avenue de Villeneuve
66025 PERPIGNAN CEDEX
- * M. COMBAUT Georges
Groupe de Recherches en Biologie
& Chimie des Végétaux Marins
Université de Perpignan
Avenue de Villeneuve
66025 PERPIGNAN CEDEX
- * M. COOPER Georges (+)
Association-Fondation G. Cooper
Base "Jardinier de la Mer"
B.P. 574
83411 HYERES
- * M. COSSON Joël
Algologie Fondamentale & Appliquée
Université de Caen
39, rue Desmoueux
14000 CAEN
- M. COSSON Philippe
Chargé de la Recherche
Mission interministérielle de la Mer
3, place de Fontenoy
75700 PARIS
- * M. COUTE Alain
Cryptogamie
Muséum National Histoire Naturelle
12, rue Buffon
75005 PARIS
- * M. DANO Jean
12, avenue du Maréchal Douglas Haig
78000 VERSAILLES
- * M. DEBROSSE Jean-Pierre
La Maison de l'eau
C P I E des Monts du Pilat
MARLHES
42660 SAINT-GENEST-MALIFAUX
- * Mme DECAMPS Odile
Botanique & Biogéographie
Université Toulouse III
39, allée Jules Guesde
31400 TOULOUSE
- M. DEFAYE Jacques
Macromolécules Végétales
DR/G/LCH/MV
C E A - C E N Grenoble
17, avenue des Martyrs - B.P. 85 X
38041 GRENOBLE CEDEX
- M. DEFLANDRE Jean
C N R S
1, rue du Cerf
92190 MEUDON
- * M. DELEPINE René
Ecobiogéographie
& Valorisation des Algues (B V M)
Université P. & M. Curie
7, quai Saint-Bernard
75252 PARIS CEDEX 05
- M. DENIZOT Michel
Cryptogamie
Institut de Botanique
163, rue Auguste Broussonnet
34000 MONTPELLIER
- * M. DERAME Dominique
JEUNESSE & MARINE
Port Lay
56590 GROIX

(+) décédé

- * Mme DE ROECK-HOLTZHAUER Yannick
Centre Atlantique
Etude Cosmétologique
68, boulevard Eugène Orioux
44000 NANTES
- * Mlle DERSOIR Marie-Claude
Contrôle Formation Professionnelle
20, quai Duguay-Trouin
35000 RENNES
- * M. DESTOMBE Christophe
Algologie & Biologie Végétale Marine
UFR Biologie
Université Sciences & Techniques
Lille-Flandres-Artois
Bât. SN2
59655 VILLENEUVE-D'ASCQ CEDEX
- M. DIDOU Henri
D E R O / Pêches
I F R E M E R - Centre de Brest
B.P. 70
29263 PLOUZANE
- M. DION Patrick
Centre Etude
& Valorisation des Algues
Presqu'île de Pen Lan - B.P. 3
22610 PLEUBIAN
- * M. DRAKIDES Christian
Génie Chimique Appliqué aux
Biotechnologies
Université Sciences & Techniques
du Languedoc
Place Eugène Bataillon
34060 MONTPELLIER CEDEX
- * M. DUBOIS Alain
Travaux Pratiques Biologie Végétale
Université Sciences & Techniques
du Languedoc
Place Eugène Bataillon
34060 MONTPELLIER CEDEX
- * M. DUBOIS Jean-Paul
Institut de Limnologie
I N R A
75, avenue de Corzent - B.P. 11F
74203 THONON-LES-BAINS
- Mme DUBOIS-TYLSKI Thérèse
Cryptogamie
Université Sciences & Techniques
Lille-Flandres-Artois
B.P. 36
59655 VILLENEUVE-D'ASCQ CEDEX
- Mme DUCLAUX Geneviève
Biologie Végétale Marine
Université P. & M. Curie
7, quai Saint-Bernard
75252 PARIS CEDEX 05
- M. DUCREUX Georges
Morphogénèse Végétale Expérimentale
Université Paris-Sud
Bât. 360
91405 ORSAY CEDEX
- M. DUGOUJON Jean
Résidence des Haras
92420 VAUCRESSON
- M. DUMONT Maurice
Service des Transferts Thermiques
DRF/STT/LAZP
C E A - C E N Grenoble
17, avenue des Martyrs - B.P. 85 X
38041 GRENOBLE CEDEX
- * M. DUPRE Michel
Direction Prévention des Pollutions
Ministère de l'Environnement
14, boulevard du Général Leclerc
92524 NEUILLY-SUR-SEINE CEDEX
- Mlle DURAND Monique
voir Mme DURAND-CLEMENT Monique
- * Mme DURAND-CLEMENT Monique
Unité 303 - Mer & Santé
I N S E R M
La Darse
B.P. 3
06230 VILLEFRANCHE-SÛR-MER
- * M. DUTARTRE Alain
Qualité des Eaux, Pêche & Pisciculture
C E M A G R E F
50, avenue de Verdun
Gazinet - B.P. 3
33610 CESTAS PRINCIPAL

- * M. ELMALEH Samuel
Génie Chimique
Université Sciences & Techniques
du Languedoc
Place Eugène Bataillon
34060 MONTPELLIER CEDEX
- * M. ERNOULT Patrick
29, rue Sully
17410 SAINT-MARTIN-DE-RE
- * Mme ETIENNE Anne-Lise
P I R S E M
C N R S
4, rue Las Cases
75007 PARIS
- * M. FAUCHILLE Sylvain
c/o Centre Recherche S C P A
ASPACH-LE-BAS
68700 CERNAY
- M. FEUILLADE Jacques
Ecophysiologie Algale
Institut de Limnologie
I N R A
75, avenue de Corzent - B.P. 11F
74203 THONON-LES-BAINS
- * M. FLEURY Didier
S R E T I E
Ministère de l'Environnement
14, boulevard du Général Leclerc
92524 NEUILLY-SUR-SEINE CEDEX
- M. FOURCY André
Biologie Végétale
DRF/G/LBIO/BV
C E A - C E N Grenoble
17, avenue des Martyrs - B.P. 85 X
38041 GRENOBLE CEDEX
- M. FOX Ripley
Association pour Combattre
la Malnutrition par l'Aquaculture
A C M A
La Roquette
SAINT-BAUZILLE-DE-PUTOIS
34190 GANGES
- M. FRILEUX Pierre Noël
Biologie Végétale & Ecologie
UER Sciences
Université de Rouen
10, boulevard de Broglie
76130 MONT-SAINT-AIGNAN
- * Mme FUSTEC Eliane
Centre Etudes
des Ressources Renouvelables
29, rue Jeanne Marvig
B.P. 4009
31055 TOULOUSE CEDEX
- Mme GAGNAIRE-MICHARD Janine
Biologie Végétale
DRF/G/LBIO/BV
C E A - C E N Grenoble
17, avenue des Martyrs - B.P. 85 X
38041 GRENOBLE CEDEX
- Mme GAILLARD Jeanne
Biologie Végétale Marine
Université P. & M. Curie
7, quai Saint-Bernard
75232 PARIS CEDEX 05
- * Mme GALOIS Martine
Service Régional Aménagement Eaux
S R A E Région Centre
Cité Administrative Coligny
131, rue du faubourg Bannier
45042 ORLEANS CEDEX 01
- * Mme GAYRAL Paulette
12, rue Lucien Feuchot
92190 MEUDON
- M. GEDOUIN Jean
PHYTOMER
70, rue du Commandant L'Herminier
Rotheneuf - B.P. 40
35404 SAINT-MALO CEDEX
- * M. GEIRNAERT Gilles
Universel Décor
9, avenue de Turenne
87100 LIMOGES
- * M. GERMAIN Pierre
Radioécologie Marine
IPSN/DERS/SERE
C E A
B.P. 270
50107 CHERBOURG CEDEX
- * M. GIRARD Jean-Pierre
Chimie Organique Biopharmaceutique
Faculté de Pharmacie
Université Montpellier I
15, avenue Charles Flahault
34060 MONTPELLIER CEDEX

* M. GIRARD Philippe
Direction Etudes et Recherches
E D F
16, Quai Wattier
78400 CHATOU

* M. GIRAUD Georges
Biomembranes
& Surfaces Cellulaires Végétales
Ecole Nationale Supérieure
46, rue d'Ulm
75230 PARIS CEDEX 05

M. GLASS Michel
I N S U / T O A E - Division Océan
C N R S
15, quai Anatole France
75700 PARIS

Mme GNASSIA-BARELLI Mauricette
Unité 303 - Mer & Santé
I N S E R M
La Darse
B.P. 3
06230 VILLEFRANCHE-SUR-MER

* M. GOLVEN Patrick
Centre Etude
& Valorisation des Algues
Presqu'île de Pen Lan. - B.P. 3
22610 PLEUBIAN

M. GOSTAN Jacques
Station Zoologique
Université P. & M. Curie
La Darse
06230 VILLEFRANCHE-SUR-MER

* M. GRABNER Henri
1, rue Marchalla'h
22300 LANNION

Mme GRAFF Françoise
PHYTOMER
70, rue du Commandant L'Herminier
Rotheneuf - B.P. 40
35404 SAINT-MALO CEDEX

M. GRIZEAU Dominique
I N T E C H M E R
B.P. 324
50103 CHERBOURG CEDEX

* M. GROS Christophe
Laboratoire Arago
Université P. & M. Curie
66650 BANYULS-SUR-MER

M. GRUET Yves
Biologie Marine
UER Sciences de la Nature
Université
2, rue de la Houssinière
44072 NANTES CEDEX 03

M. GUDIN Claude
Association pour la Recherche
en Bioénergie Solaire (A R B S)
C E A - C E N Cadarache
B.P. 1
13118 SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE CEDEX

Mme GUERLESQUIN Micheline
Biologie Végétale & Phytogéographie
Université Catholique de l'Ouest
3, place André Leroy - B.P. 808
49005 ANGERS

M. GUILLE Alain
I N S U / T O A E - Division Océan
C N R S
15, quai Anatole-France
75007 PARIS

M. GUILLEMAIN Joël
Institut des Médicaments de Tours
Rue Joseph Cugnot - B.P. 263
37702 SAINT-PIERRE-DES-CORPS

* Mme HARDSTEDT-ROMEO Michèle
voir Mme ROMEO Michèle

* M. HAREN Pierre
ILOG
2, avenue Gallieni
94250 GENTILLY

* M. HASLAY Claude
Société Lyonnaise Eaux & Eclairage
Service Assainissement
71, cours Louis Fargue
33300 BORDEAUX

* M. HENNEQUIN Jean-Claude
Fonds Intervention Organisation des
Marchés pour produits pêche maritime
& cultures marines - F I O M
11, boulevard Sébastopol
75001 PARIS

- M. HERVE René
GOEMAR
ZAC de la Madeleine
Avenue du Général Patton
B.P. 55
35403 SAINT-MALO CEDEX .
- * M. HUBAC Jean-Marie
Biologie Végétale
Muséum National Histoire Naturelle
61, rue Buffon
75005 PARIS
- * Mme JACQUEMIN Jeanine
14, Villa d'Este
75013 PARIS
- M. JAUNEAU Edouard
Agriculture-Forêt-Biomasse
A F M E
27, rue Louis Vicat
75015 PARIS
- * M. JAY Maurice
Biologie Micromoléculaire
& Phytochimie
Université Claude Bernard (Lyon I)
Bât. 741
43, boulevard du 11 novembre 1918
69622 VILLEURBANNE CEDEX
- * Mme JEANNE Nicole
Cytophysologie Végétale
& Toxicologie Cellulaire
Université Paris VII
Tour 53-54 - 3ème étage
2, place Jussieu
75251 PARIS CEDEX 05
- M. JEUDY DE GRISSAC Alain
9, rue Taïeb Mehini
2016 CARTHAGE
TUNISIE
- * M. JUPIN Henri
Biologie Végétale
Université de Perpignan
Avenue de Villeneuve
66025 PERPIGNAN CEDEX
- * M. KLOAREG Bernard
C E O B M
Station Biologique
Place Georges Tessier
29211 ROSCOFF
- * Mme KNOEPFFLER-PEGUY Michèle
Phytobenthos Méditerranéen
Laboratoire Arago
Université P. & M. Curie
66650 BANYULS-SUR-MER
- M. LACAZE Jean-Claude
Molysmologie
Institut Océanographique
195, rue Saint-Jacques
75005 PARIS
- * M. LAMARE Jean-Max
Directeur
I F R E M E R - Centre de Nantes
rue de l'Ile d'Yeu - B.P. 1049
44037 NANTES CEDEX 01
- * Mme LAMBERT Cécile
22, rue Sainte-Catherine
31000 TOULOUSE
- * M. LARGEAU Claude
Chimie Bioorganique
& Organique Physique
E N S C P
11, rue P. & M. Curie
75231 PARIS CEDEX 05
- * M. LASSERRE Pierre
Directeur
C E O B M
Station Biologique
Place Georges Tessier
29211 ROSCOFF
- M. LAUBIER Lucien
Haut Conseiller Scientifique
I F R E M E R
66, avenue d'Iéna
75116 PARIS
- * M. LAURENT Dominique
UR 707
O R S T O M
Faculté de Pharmacie
Université Montpellier I
15, avenue Charles Flahault
34060 MONTPELLIER CEDEX
- * M. LAURET Michel
Travaux Pratiques Biologie Végétale
Université Sciences & Techniques
du Languedoc
Place Eugène Bataillon
34060 MONTPELLIER CEDEX

- * LA VILLEFROMOIT Marc (de)
Institut Petites
& Moyennes Entreprises
1, place du Maréchal Juin
35000 RENNES
- * Mlle LEBLOND Jacqueline
Laboratoires Daniel Brunet
112, rue de Silly
92100 BOULOGNE-BILLANCOURT
- * Mlle LEBRUN Lydie
c/o Ecobiogéographie
& Valorisation des Algues (B V M)
Université P. & M. Curie
7, quai Saint Bernard
75252 PARIS CEDEX 05
- * M. LECLERC Jean-Claude
Structure et Métabolisme des Plantes
Université Paris-Sud
Bat. 430
91405 ORSAY CEDEX
- M. LECUREUIL Jean-Yves
SRAE Région Centre
Serv. Reg. Aménagement Eaux
Cité Administrative Coligny
131, rue du faubourg Bannier
45042 ORLEANS CEDEX 01
- * Mlle LEFEBVRE Claude
Algologie & Biologie Végétale Marine
UFR Biologie
Université Sciences & Techniques
Lille-Flandres-Artois
Bat. SN2
59655 VILLENEUVE-D'ASCQ CEDEX
- * M. LEFUR Philippe
ALGOTHERM
La grande Palud
LA FOREST-LANDERNEAU
29220 LANDERNEAU
- M. LELONG Patrick
Fondation Océanographique Ricard
Ile des Embiez - Le Brusç
83140 SIX-FOURS-LES-PLAGES
- Mlle LEMAIRE Claire
Service de Biophysique
C E N - C E N Saclay
91191 GIF-SUR-YVETTE
- * Mme LEMONNIER-HERBRETEAU Catherine
c/o Ecobiogéographie
& Valorisation des Algues (B V M)
Université P. & M. Curie
7, quai Saint-Bernard
75232 PARIS CEDEX 05
- M. LEPAILLEUR Henri
I R C H A
rue Lavoisier
B.P. 1
91790 VERT-LE-PETIT
- * Mlle LEPROUX Anne
11, rue Vaudétard
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
- Mme LESTANG-BREMOND Geneviève (de)
Physiologie Végétale
Université Catholique de l'Ouest
3, place André Leroy - B.P. 808
49005 ANGERS
- * Mme LE TRIVIDIC Dominique (+)
La Maison des Algues
B.P. 1
35380 PAIMPONT
- * M. LEVAVASSEUR Guy
C E O B M
Station Biologique
Place Georges Tessier
29211 ROSCOFF
- Mme LEVET Danielle
AQUASCOP
461, rue Saint-Léonard
49000 ANGERS
- M. LEYNAUD Germain
C E M A G R E F
14, avenue de Saint-Mandé
75012 PARIS
- Mme L'HARDY-HALOS Marie-Thérèse
Phycologie Marine & Morphogénèse
Faculté des Sciences
Route de Laval
72017 LE MANS CEDEX
-
- (+) décédée

- M. LIBES Maurice
Centre Océanologique de Marseille
Station Marine d'Endoume
Rue de la Batterie des Lions
13007 MARSEILLE
- * M. LISCH Benoit
9, rue de Gesvres
60000 BEAUVAIS
- Mlle LYONS Evelyne
A F B S N
51, rue Salvador Allende
92027 NANTERRE CEDEX
- M. MAESTRINI Serge
C R E M A - L'Houmeau
Case 5
17137 NIEUL-SUR-MER
- M. MARTIN Jean-François
S R A E Région Centre
Cité Administrative Coligny
131, rue du faubourg Bannier
45042 ORLEANS CEDEX 01
- * M. MARTIN-BOUYER Michel
Centre Recherche Génie Environnement
Université de Savoie
B.P. 1104
73011 CHAMBERY CEDEX
- M. MARTY Didier
HYDRO - M
39, rue Croix Baragnon
31000 TOULOUSE
- M. MASSON Michel
Radioécologie Marine
IPSN/DERS/SERE
C E A
B.P. 270
50107 CHERBOURG CEDEX
- Mme MAZOYER Catherine
AQUASCOPI
Parc du Millénaire Bât. 10
34000 MONTPELLIER
- M. MEINESZ Alexandre
Biologie & Ecologie Marine
Université de Nice
28, avenue de Valrose
06034 NICE CEDEX
- * M. MEKIKDJIAN Christian
Technologie Equipements Agricoles
& Alimentaires
C E M A G R E F
Domaine de Lavalette - B.P. 5095
Avenue du Val-de-Montferrand
34033 MONTPELLIER CEDEX
- * M. MENASSA Aimé
DELTA AGRO-INDUSTRIES
2, rue Jobbé Duval
75015 PARIS
- * M. METZGER Pierre
Chimie Bioorganique
& Organique Physique
E N S C P
11, rue P. & M. Curie
75231 PARIS CEDEX 05
- M. MICALÉF Henri
Algologie Fondamentale & Appliquée
Université de Caen
39, rue Desmoueux
14000 CAEN
- M. MILLET François
AGRO DEVELOPPEMENT S.A.
2, rue Stéphenson
78180 ST-QUENTIN-EN-YVELINES CEDEX
- M. MOLLE Jean-François
C E M A G R E F
Parc de Tourvoie
92160 ANTONY
- * M. MOLLION Jean
Polysaccharides Pariétaux Végétaux
UFR Biologie
Université Sciences & Techniques
Lille-Flandres-Artois
Bât. SN2
59655 VILLENEUVE-D'ASCQ CEDEX
- * Mme MONTAGNE Lysiane
Délégation Ile-de-France
A F M E
27, rue Louis Vicat
75015 PARIS
- * M. MORAND Philippe
C R E M A - L'Houmeau
Case 5
17137 NIEUL-SUR-MER

- M. MORVAN Henri
Physiologie Végétale
UFR Biologie
Université Sciences & Techniques
Lille-Flandres-Artois
Bât. SN2
59655 VILLENEUVE-D'ASCQ CEDEX
- * M. MOUGIN Eric
HYDRO - M
39, rue Croix Baragnon
31000 TOULOUSE
- * M. MUSTIN Michel
HYDRO - M
39, rue Croix Baragnon
31000 TOULOUSE
- * M. NEVEUX Jacques
Laboratoire Arago
Université P. & M. Curie
66650 BANYULS-SUR-MER
- * M. NICOD François
Pharmacognosie
Faculté de Médecine & Pharmacie
4, place Saint-Jacques
25030 BESANCON CEDEX
- M. NIVAL Paul
Station Zoologique
C E R O V
Université P. & M. Curie
La Darse
06230 VILLEFRANCHE-SUR-MER
- Mlle PARIS Martine
voir Mme GALOIS Martine
- * M. PARRIAUD Henri
598, rue Jean-Jaurès
VILLENAVE-D'ORNON
33140 PONT-DE-LA-MAYE
- M. PATTEE Eric
Biologie Animale & Ecologie
Université Claude Bernard (Lyon I)
Bât. 403
43, boulevard du 11 Novembre 1918
69622 VILLEURBANNE CEDEX
- * Mlle PAYRI Claude
Délégation à l'Environnement
B.P. 4562
PAPEETE
POLYNESIE FRANCAISE
- * Mme PELLEGRINI Liliane
Biologie Végétale
Faculté Sciences Luminy (case 901)
Université Aix-Marseille II
70, route Léon Lachamp
13288 MARSEILLE CEDEX 9
- * M. PELLEGRINI Max
Biologie Végétale
Faculté Sciences Luminy (case 901)
Université Aix-Marseille II
70, route Léon Lachamp
13288 MARSEILLE CEDEX 9
- M. PENOT Michel
Physiologie Végétale
Université Bretagne Occidentale
6, avenue Victor le Gorgeu
29283 BREST CEDEX
- * M. PERCEHAIS Serge
GOEMAR
ZAC de la Madeleine
Avenue du Général Patton
B.P. 55
35403 SAINT-MALO CEDEX
- * M. PEREZ René
Algologie Appliquée
I F R E M E R - Centre de Nantes
Rue de l'île d'Yeu - B.P. 1049
44037 NANTES CEDEX 01
- * M. PERRET Yves
35, rue de la Fée au Bois
17450 FOURAS
- * Mme PESANDO Danielle
Unité 303 - Mer & Santé
I N S E R M
La Darse
B.P. 3
06230 VILLEFRANCHE-SUR-MER
- M. PETIT Michel
Nature Algues
Presqu'île de Pen Lan
L'ARMOR-PLEUBIAN
22610 PLEUBIAN
- M. PETITBON Alain
Laboratoires C G E Marcoussis
Route de Nozay
91460 MARCOUSSIS

* M. PIERRE Jean-François
Biologie Végétale
UER Sciences Biologiques
Université Nancy I
B.P. 239
54505 VANDOEUVRE-LES-NANCY CEDEX

* M. PIOVETTI Louis
Groupe de Recherches en Biologie
& Chimie des Végétaux Marins
Université de Perpignan
Avenue de Villeneuve
66025 PERPIGNAN CEDEX

* Mme PLANTE-CUNY Marie-Reine
Centre Océanologique de Marseille
Station Marine d'Endoume
Rue de la Batterie des Lions
13007 MARSEILLE

* M. POTOKY Pierrick
Centre des Quatre Vaulx (C.A.T.)
Notre-Dame-du-Guildo
B.P. 1
22380 SAINT-CAST-LE-GUILDON

Mme PUISEUX-DAO Simone
Cytophysologie Végétale
& Toxicologie Cellulaire
Université Paris VII
Tour 53-54 - 3ème étage
2, place Jussieu
75251 PARIS CEDEX 05

* M. REVIERS Bruno (de)
c/o Ecobiogéographie
& Valorisation des Algues (B V M)
Université P. & M. Curie
7, quai Saint-Bernard
75252 PARIS CEDEX 05

Mme RIAUX Catherine
C E O B M
Station Biologique
Place Georges Tessier
29211 ROSCOFF

M. RICHARD Marc-Alain
Le Quarteron
Route de Saint-Quentin
49620 LA-POMMERAYE

Mme RINAUDO Marguerite
Centre de Recherches sur les
Macromolécules Végétales
C E R M A V
C N R S
B.P. 68
38402 SAINT-MARTIN-D'HERES CEDEX

M. ROBERT Jean-Michel
Biologie Marine
UER Sciences de la nature
Université
2, rue de la Houssinière
44072 NANTES CEDEX 03

* M. ROBIN Jean
D E R O / Pêches
I F R E M E R - Centre de Brest
B.P. 70
29263 PLOUZANE

Mme ROECK HOLTZHAUER (de) Yannick
voir Mme DE ROECK HOLTZHAUER Yannick

M. ROGER Jean
Ingénieur Général GREF Honoraire
23, boulevard du Maréchal Leclerc
38000 GRENOBLE

* Mme ROMEO Michèle
Unité 303 - Mer & Santé
I N S E R M
La Darse
B.P. 3
06230 VILLEFRANCHE-SUR-MER

* M. ROUX Jean-Claude
Biologie Végétale
DRF/G/LBIO/BV
C E A - C E N Grenoble
17, avenue des Martyrs - B.P. 85 X
38041 GRENOBLE CEDEX

M. SALIOT Alain
Physique & Chimie Marines
Université P. & M. Curie
Tour 24-25
4, place Jussieu
75252 PARIS CEDEX 05

* Mlle SALOU Nicole
9, rue Jean-Jaurès
29200 BREST

- * M. SAUZE François
Résidence Parc à Ballons C1
125, rue Moulin Sémalen
34000 MONTPELLIER
- * M. SECCONI Georges
13, rue Saint-François
83400 HYERES
- * M. SIMEON Claude
IPSN/DPS/SEGP/GETA
C E N - V A L R H O
B.P. 171
30205 BAGNOLS-SUR-CEZE CEDEX
- * M. SIMON Jean-Yves
Président Centre Etude
& Valorisation des Algues
Pharmacie
22610 PLEUBIAN
- M. SOURNIA Alain
Géologie
Muséum National Histoire Naturelle
43, rue Buffon
75005 PARIS
- * M. STADLER Thierry
Centre de Valorisation des Glucides
6 bis, rue Jeanne d'Arc
80000 AMIENS
- M. TASSIGNY Michel
Aquarium Ecologique
Promenade des Planches
17, rue de Paris
14360 TROUVILLE
- * M. TESTE Jean
Groupe de Recherches en Biologie
& Chimie des Végétaux Marins
Université de Perpignan
Avenue de Villeneuve
66025 PERPIGNAN CEDEX
- * M. THUOT Michel (+)
Phytochimie & Phytobiologie
Université Claude Bernard (Lyon I)
Bât. 741
43, boulevard du 11 Novembre 1918
69622 VILLEURBANNE CEDEX
- * M. TIMON-DAVID Pierre
Parasitologie
Faculté de Pharmacie
Université Aix-Marseille II
27, boulevard Jean Moulin
13005 MARSEILLE CEDEX 5
- * M. TORTEY Alain
c/o Ecobiogéographie
& Valorisation des Algues (B V M)
Université P. & M. Curie
7, quai Saint-Bernard
75252 PARIS CEDEX 05
- * M. VALETTE François
GIS Systèmes Energétiques
& Utilisation Espace
C N R S - Domaine de Lavalette
Avenue du Val-de-Montferrand
34100 MONTPELLIER
- Mlle VAQUETTE Jacqueline
Pharmacognosie
Faculté de Médecine & Pharmacie
4, place Saint-Jacques
25030 BESANCON CEDEX
- Mme VARENNE Emilie
Laboratoire Daniel Brunet
112, rue de Sully
92100 BOULOGNE-BILLANCOURT
- Mme VAXELAIRE Annick
Milieux aquatiques & productions
Compagnie Nationale Aménagement de la
Région du Bas-Rhône Languedoc
C N A R B R L
Avenue Pierre Mendes-France B.P. 4001
30001 NIMES CEDEX
- M. VERBIST Jean-François
Substances Marines
à Activité Biologique
Faculté de Médecine & Pharmacie
1, rue Gaston Veil
44035 NANTES CEDEX
- * Mlle VIGIER Christine
10, place Bir-Hakeim
69003 LYON

(+) décédé

- Mme VIGNAIS Paulette
Biochimie Médicale
DRF/G/LBIO/BM
C E A - C E N Grenoble
17, avenue des Martyrs - B.P. 85 X
38042 GRENOBLE CEDEX
- * Mlle VIGNAUD Mireille
Biologie du développement
& de la Reproduction Humaine
Faculté de Médecine
Universisté Montpellier I
2, rue Ecole de Médecine
34060 MONTPELLIER CEDEX
- * M. VIGNET Paul
DESICP/DIE
C E N - V A L R H O
B.P. 171
30205 BAGNOLS-SUR-CEZE CEDEX
- * Mme VILLE Janine
Chargée d'affaires
A N V A R
43, rue Caumartin
75436 PARIS CEDEX 09
- * M. VILLE FROMOIT DE LA Marc
voir M. LA VILLEFROMOIT Marc (de)
- * M. VIOLET Gérard
Laboratoires Marins Violet & Cie
3, rue Sanitas - B.P. 23
45300 PITHIVIERS
- * M. VUILLOT Michel
Qualité des Eaux, Pêche & Pisciculture
C E M A G R E F
3, quai Chauveau
69336 LYON CEDEX 09
- M. WITTENBERG Marc
Ecole Nationale Travaux Publics Etat
E N T P E
Rue Maurice Audin
69120 VAULX-EN-VELIN
- M. YASUDA Toshide
Biologie-Ecologie (Groupe Ecologie A)
Université de Savoie
B.P. 1104
73011 CHAMBERY CEDEX
- * M. YVIN Jean-Claude
GOEMAR
ZAC de la Madeleine
Avenue du Général Patton
B.P. 55
35403 SAINT-MALO CEDEX

ACTIVITÉS DES PERSONNES INTÉRESSÉES
PAR LA
VALORISATION DES VÉGÉTAUX AQUATIQUES

*Les catégories et des domaines d'activité pour chaque personne intéressée
sont présentées dans un tableau synthétique*

les catégories socio-professionnelles sont respectivement :

- C : CHERCHEUR (incluant enseignant-chercheur)
- D : DECIDEUR (élu local, départemental, régional ...,
membres des cabinets ministériels, etc.)
- E : ETUDIANT (jusqu'à la fin du mémoire de thèse)
- I : INDUSTRIEL (secteur privé et para-public ; bureau d'études, etc.)
- Z : AUTRE (membres de l'équipe organisatrice, journaliste, animateur
d'associations, etc.)

les domaines d'activités ou d'intérêt correspondent à 19 classes
réparties en 4 rubriques :

- 1 : MATERIEL BIOLOGIQUE
 - 11 BACTERIE/VIRUS
 - 12 MICROALGUE
 - 13 MACROALGUE
 - 14 CHAMPIGNON
 - 15 MACROPHYTE
 - 16 AUTRE MATERIEL
- 2 : MILIEU ECOLOGIQUE
 - 21 EAU MARINE
 - 22 EAU DOUCE
 - 23 EAU SAUMATRE
 - 24 AUTRE MILIEU
- 3 : REGION GEOGRAPHIQUE
 - 31 MANCHE/MER DU NORD
 - 32 ATLANTIQUE
 - 33 MEDITERANEE
 - 34 AUTRE REGION
- 4 : THEME D'ACTIVITE
 - 41 RESSOURCE/STOCK
 - 42 RECOLTE/CULTURE
 - 43 TRANSFORMATION
 - 44 RENTABILISATION ECONOMIQUE
 - 45 TRANSFERT DE CONNAISSANCE

	C:	D:	E:	I:	Z:	11:	12:	13:	14:	15:	16:	21:	22:	23:	24:	31:	32:	33:	34:	41:	42:	43:	44:	45:	
ALTAZIN R.			x:					x:								x:							x:		
AMADE Ph.	x:							x:	x:											x:		x:	x:		x:
ANDRE M.	x:							x:	x:																x:
ANDRIAMAMPANDRY A.			x:						x:															x:	
ARCHIPRETRE M.			x:						x:																x:
ARRIGNON J.			x:					x:	x:	x:		x:		x:						x:	x:	x:	x:	x:	x:
ARZEL P.	x:								x:											x:	x:		x:	x:	
ASENSI A.	x:								x:	x:										x:		x:		x:	
AUBART Ch.					x:																				
AUGIER H.	x:								x:	x:		x:		x:						x:	x:		x:	x:	x:
BAILLIEZ Ch.					x:				x:															x:	x:
BALANSARD G.	x:								x:															x:	
BALCON J.					x:				x:											x:	x:		x:	x:	x:
BARBE J.			x:						x:											x:	x:	x:			x:
BECHU J-Y.			x:						x:	x:	x:									x:				x:	
BELSHER T.	x:								x:		x:									x:	x:	x:	x:	x:	x:
BERGER-PERROT Y.	x:								x:											x:	x:		x:	x:	
BERKALOFF C.	x:								x:	x:										x:		x:		x:	
BERTRAND M.					x:				x:	x:		x:												x:	x:
BETIN S.					x:				x:	x:		x:	x:	x:						x:	x:	x:	x:	x:	x:
BEUFFE H.	x:								x:															x:	
BEURIER J-P.	x:								x:											x:	x:	x:	x:	x:	x:
BIANCHI J-P.					x:				x:											x:			x:	x:	x:
BIANCHI M.	x:								x:															x:	
BIARD J-F.	x:								x:															x:	
BILLARD Ch.	x:								x:															x:	x:
BLAKE G.	x:																							x:	x:
BODARD M.	x:								x:															x:	x:
BONIN D.	x:								x:															x:	x:
BONNARD R.					x:																				
BORIES A.	x:								x:	x:														x:	x:
BOUCHER Ph.					x:				x:	x:														x:	
BOUDE J-P.	x:								x:															x:	
BOUDOURESQUE Ch-F.	x:								x:	x:														x:	x:
BOUQUET J.					x:																				
BOUSQUET J-C.					x:				x:	x:	x:		x:											x:	x:
BOUTON J-P.					x:																				

	C:	D:	E:	I:	Z:	11:	12:	13:	14:	15:	16:	21:	22:	23:	24:	31:	32:	33:	34:	41:	42:	43:	44:	45:										
BOUTRY J-L.	x:					x:				x:	x:	x:				x:	x:	x:	x:			x:	x:	x:										
BOYEN C.			x:					x:				x:						x:							x:									
BRANCHARD M.	x:							x:		x:		x:													x:									
BRAUD J-P.				x:				x:	x:			x:						x:	x:		x:	x:	x:	x:										
BRAULT D.	x:							x:				x:						x:						x:	x:	x:	x:							
BRAUN M.	x:									x:		x:							x:						x:	x:								
BRECHIGNAC F.	x:							x:	x:		x:	x:						x:	x:					x:										
BREMOND (de LESTANG) G.	x:							x:	x:			x:	x:	x:				x:	x:		x:	x:	x:	x:	x:									
BRENCKMANN F.	x:							x:																		x:								
BRIAND X.	x:								x:			x:									x:	x:	x:	x:	x:	x:								
BRIN A-Y.		x:							x:		x:	x:		x:					x:	x:	x:	x:	x:	x:	x:	x:								
BROUARD F.	x:								x:		x:															x:	x:							
BULARD C.	x:											x:																						
CABOCHE C.		x:																								x:	x:	x:	x:	x:				
CAPORICCIO B.			x:							x:																	x:	x:						
CARAM B.	x:										x:		x:														x:							
CARPENTIER B.			x:						x:				x:	x:																x:				
CASADEVALL E.	x:									x:																			x:	x:				
CATAYEE G.	x:									x:			x:																x:	x:	x:			
CAYE C.	x:											x:		x:															x:					
CHABANNES R.				x:																														
CHALET M.			x:							x:			x:																	x:	x:	x:		
CHARPENTIER M.			x:									x:		x:																x:				
CHASSANY-DE-CASABIANCA ML:	x:											x:		x:															x:	x:	x:			
CHASSE C.	x:											x:																		x:				
CHAUMONT D.	x:												x:	x:																x:				
CHAUMONT J-P.	x:												x:																	x:				
CHEVILLARD H.		x:											x:																	x:	x:	x:		
CHEVOLOT A-M.			x:										x:																	x:				
CHEVOLOT L.				x:									x:																	x:	x:	x:		
CHIRAC Ch.				x:																											x:			
CHOPARD P.					x:																											x:		
CHOPIN T.					x:																										x:			
CHRISTIAEN D.	x:																													x:	x:			
CLOSTERMANN M.					x:																										x:			
CODOMIER L.	x:																														x:			

	C	D	E	I	Z	11	12	13	14	15	16	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	45												
COMBAUT G.	x						x					x						x	x					x												
COOPER G.				x							x	x						x					x													
COSSON J.	x						x				x					x					x	x		x												
COSSON Ph.		x																																		
COUTE A.	x						x					x	x								x	x														
DANO J.				x				x				x												x	x											
DEBROSSE J-P.	x						x				x										x			x												
DECAMPS O.	x									x											x	x														
DEFAYE J.	x						x	x	x	x														x	x											
DEFLANDRE J.		x																							x											
DELEPINE R.	x							x													x	x			x											
DENIZOT M.	x							x	x	x											x	x														
DERAME D.				x																					x											
DERSOIR M-C.			x																						x											
DESTOMBE Ch.			x						x																x											
DIDOU H.	x								x												x	x			x											
DION P.			x																						x											
DRAKIDES Ch.	x							x	x												x				x	x										
DUBOIS A.	x								x	x											x	x			x											
DUBOIS J-P.	x																								x	x										
DUBOIS-TYLSKI Th.	x																								x											
DUCLAUX G.	x								x												x	x	x	x	x											
DUCREUX G.	x									x															x	x										
DUGOUJON J.				x																					x	x	x	x	x	x	x	x				
DUMONT M.	x																									x	x	x								
DUPRE M.			x																																	
DURAND M.				x																																
DUTARTRE A.				x																																
ELMALEH S.	x																																			
ERNOULT P.				x																																
ETIENNE A-L.				x																																
FAUCHILLE S.					x																															
FEUILLADE J.	x																																			
FLEURY D.					x																															
FOURCY A.	x																																			
FOX R.					x																															

	C:	D:	E:	I:	Z:	11:	12:	13:	14:	15:	16:	21:	22:	23:	24:	31:	32:	33:	34:	41:	42:	43:	44:	45:	
FRILEUX P.N.	x:									x:			x:				x:							x:	
FUSTEC E.		x:																							
GAGNAIRE-MICHARD J.	x:									x:	x:					x:							x:		x:
GAILLARD J.	x:								x:			x:					x:	x:	x:	x:			x:		x:
GAYRAL P.	x:								x:	x:			x:				x:					x:	x:		x:
GEDOUIN J.				x:					x:			x:													x:
GEIRNAERT G.				x:					x:	x:						x:	x:								x:
GERMAIN P.				x:					x:	x:							x:								
GIRARD J-P.	x:								x:			x:						x:	x:	x:					x:
GIRARD Ph.				x:																					x:
GIRAUD G.	x:								x:	x:			x:					x:		x:				x:	
GLASS M.				x:																					
GNASSIA-BARELLI M.	x:								x:			x:	x:										x:		x:
GOLVEN P.	x:								x:	x:			x:										x:	x:	x:
GOSTAN J.	x:								x:				x:												x:
GRABNER H.				x:								x:													x:
GRAFF F.				x:					x:	x:	x:	x:												x:	x:
GRIZEAU D.				x:					x:			x:												x:	x:
GROS Ch.				x:					x:	x:			x:	x:	x:									x:	x:
GRUET Y.	x:								x:			x:												x:	
GUDIN C.	x:								x:			x:	x:											x:	x:
GUERLESQUIN M.	x:								x:	x:			x:	x:										x:	
GUILLE A.				x:																					
GUILLEMAIN J.				x:					x:			x:													x:
HARDSTEDT-ROMEIO M.	x:								x:			x:												x:	x:
HAREN P.				x:																					
HASLAY C.				x:							x:														x:
HENNEQUIN J-C.				x:																					
HERVE R.				x:					x:			x:												x:	x:
HUBAC J-M.	x:										x:													x:	x:
JACQUEMIN J.									x:																
JAUNEAU E.				x:																					
JAY M.	x:										x:													x:	x:
JEANNE N.	x:								x:																x:
JEUDY DE GRISSAC A.									x:			x:												x:	x:
JUPIN H.	x:								x:	x:														x:	x:

	C	D	E	I	Z	11	12	13	14	15	16	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	45
KLOAREG B.	x						x					x				x								x
KNOEPFFLER-PEGUY M.	x						x		x		x		x				x			x	x			x
LACAZE J-C.	x						x				x		x		x	x							x	x
LAMARE J-M. (de)		x																						
LAMBERT C.	x						x				x						x	x	x	x				
LARGEAU C.	x						x					x										x		x
LASSERRE P.		x																						
LAUBIER L.		x																						
LAURENT D.	x						x				x									x				
LAURET M.	x						x		x		x				x				x		x	x		x
LEBLOND J.			x				x				x				x								x	
LEBRUN L.				x																				
LECLERC J-C.	x						x				x	x	x					x	x	x	x			
LECURUILL J-Y.		x									x			x						x				x
LEFEBVRE C.			x					x				x				x							x	x
LEFUR Ph.				x				x							x	x			x	x	x	x	x	x
LELONG P.	x						x	x				x							x			x		
LEMAIRE C.			x					x					x											
LEMONNIER-HERBRETEAU C.					x																			
LEPAILLEUR H.	x							x				x	x	x									x	
LEPROUX A.			x					x					x	x			x	x	x	x	x			x
LE TRIVIDIC D.				x				x																x
LEVAVASSEUR G.	x							x					x									x		
LEVET D.				x				x		x			x							x	x	x		
LEYNAUD G.		x																						
L'HARDY-HALOS M-Th.	x							x				x		x					x	x			x	
LIBES M.			x							x		x								x		x		
LISCH B.				x					x							x								x
LYONS E.					x			x	x		x									x		x		x
MAESTRINI S.	x							x				x		x					x			x		x
MARTIN J-F.		x								x			x								x			x
MARTIN-BOUYER M.			x										x								x			x
MARTY D.				x						x			x								x		x	x
MASSON M.					x				x	x			x							x				
MAZOYER C.					x				x											x		x		x
MEINESZ A.	x							x		x			x								x		x	

	C:	D:	E:	I:	Z:	11:	12:	13:	14:	15:	16:	21:	22:	23:	24:	31:	32:	33:	34:	41:	42:	43:	44:	45:	
MEKIKDJIAN Ch.	x:									x:			x:						x:				x:		
MENASSA A.			x:					x:		x:			x:											x:	
METZGER P.			x:					x:					x:										x:	x:	
MICALEF H.	x:							x:					x:					x:	x:						x:
MILLET F.			x:				x:	x:		x:	x:		x:	x:			x:	x:							
MOLLE J-F.			x:																				x:	x:	
MOLLION J.	x:							x:					x:											x:	
MONTAGNE L.				x:																					
MORAND Ph.			x:					x:	x:		x:	x:													
MORVAN H.	x:											x:					x:						x:	x:	
MOUGIN E.				x:						x:			x:				x:					x:	x:	x:	x:
MUSTIN M.				x:						x:			x:				x:					x:	x:	x:	x:
NEVEUX J.	x:							x:				x:							x:	x:	x:				
NICOD F.			x:					x:					x:												x:
NIVAL P.	x:							x:					x:										x:		x:
PARIS M.				x:						x:			x:										x:		x:
PARRIAUD H.	x:								x:								x:								x:
PATTEE E.	x:							x:	x:			x:											x:	x:	x:
PAYRI C.				x:						x:			x:										x:	x:	
PELLEGRINI L.	x:							x:	x:			x:	x:					x:	x:	x:			x:	x:	
PELLEGRINI M.	x:							x:	x:			x:	x:										x:	x:	
PENOT M.	x:							x:	x:			x:											x:		x:
PERCEHAIS S.				x:					x:				x:											x:	
PEREZ R.	X:								X:				X:						X:	X:			X:	X:	X:
PERRET Y.				x:																					
PESANDO D.	x:							x:	x:			x:											x:	x:	x:
PETIT M.				x:					x:				x:											x:	
PETITBON A.				x:					x:			x:	x:											x:	x:
PIERRE J-F.	x:								x:				x:										x:	x:	
PIOVETTI L.	x:								x:				x:										x:		x:
PLANTE-CUNY M-R.	x:								x:			x:	x:										x:	x:	x:
POTOKY P.				x:					x:	x:	x:		x:										x:		x:
PUISEUX-DAO S.	x:								x:	x:														x:	x:
REVIERS B. (de)				x:					x:	x:		x:	x:												
RIAUX C.	x:								x:														x:		x:
RICHARD M-A.				x:					x:				x:										x:	x:	x:

	C:	D:	E:	I:	Z:	11:	12:	13:	14:	15:	16:	21:	22:	23:	24:	31:	32:	33:	34:	41:	42:	43:	44:	45:
RINAUDO M.	x:					x:	x:	x:	x:															x:
ROBERT J-M.	x:					x:						x:	x:			x:						x:		
ROBIN J-H.	x:					x:						x:	x:									x:	x:	
ROECK-HOLTZHAUER (de) Y.	x:						x:					x:				x:						x:		
ROGER J.	x:											x:									x:	x:		x:
ROUX J-C.	x:					x:						x:	x:	x:							x:	x:		x:
SALIOT A.	x:					x:		x:				x:	x:								x:	x:		
SALOU N.		x:					x:					x:												x:
SAUZE F.	x:					x:	x:	x:				x:	x:	x:							x:	x:	x:	x:
SECCONI G.			x:						x:			x:									x:			x:
SIMEON C.	x:						x:		x:			x:	x:								x:	x:	x:	x:
SIMON J-Y.		x:						x:				x:									x:			x:
SOURNIA A.	x:						x:					x:									x:	x:		x:
STADLER T.		x:						x:				x:									x:	x:	x:	
TASSIGNY M.				x:				x:				x:											x:	
TESTE J.	x:							x:				x:	x:								x:		x:	x:
THUOT M.		x:								x:			x:								x:			x:
TIMON-DAVID P.	x:							x:				x:									x:			
TORTEY A.		x:						x:				x:									x:			x:
VALETTE F.	x:																							x:
VAQUETTE J.	x:							x:				x:									x:			x:
VARENNE E.			x:					x:				x:												x:
VAXELAIRE A.			x:					x:	x:			x:	x:								x:	x:	x:	x:
VERBIST J-F.	x:							x:				x:									x:	x:		
VIGIER Ch.			x:					x:				x:									x:			x:
VIGNAIS P.	x:							x:																x:
VIGNAUD M.	x:							x:				x:									x:			x:
VIGNET P.	x:							x:															x:	x:
VILLE J.		x:																						
VILLE FROMOIT (DE LA) M.	x:							x:				x:									x:	x:		x:
VIOLET G.			x:					x:																x:
VUILLOT M.	x:							x:		x:		x:	x:								x:	x:		x:
WITTENBERG M.			x:							x:		x:	x:								x:		x:	x:
YASUDA T.			x:							x:													x:	x:
YVIN J-C.			x:					x:				x:									x:	x:		x:

ANALYSE DES DONNÉES DU RÉPERTOIRE

Un résumé-conclusion est présenté en fin de chapitre

Toute stratégie d'action dans un domaine particulier doit tenir le plus grand compte des aspirations et souhaits des différentes parties concernées. Pour réaliser une enquête sur la population intéressée par la valorisation des algues et autres végétaux aquatiques, différents questionnaires ont été distribués depuis 1982 ; les choix indiqués par les personnes ayant répondu montrent une grande diversité d'intérêt dont l'analyse fournit des précisions sur les besoins et/ou les attentes exprimés.

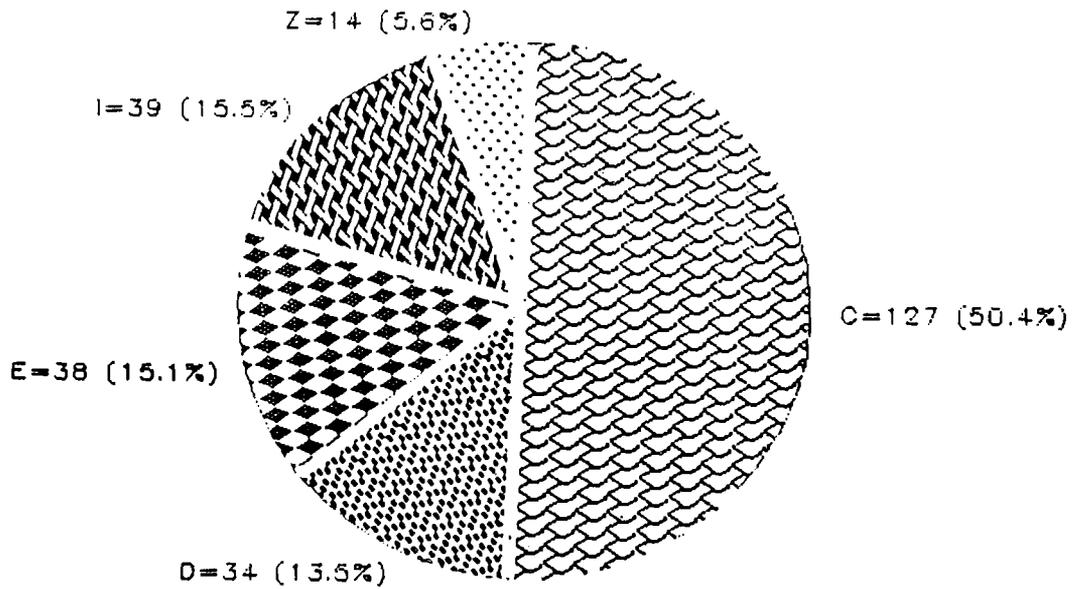
Les réponses apportées par les personnes mentionnées dans la liste des adresses sont résumées dans le tableau synthétique des activités et font l'objet de la présente analyse. Cinq catégories socio-professionnelles sont distinguées (C : Chercheur, D : Décideur, E : Etudiant, I : Industriel, Z : Autre catégorie). Les questionnaires offrent, par ailleurs, 19 options possibles pour caractériser les domaines d'activité et/ou d'intérêt. Quatre rubriques sont proposées comprenant elles-mêmes 4 à 6 classes : 1 - Matériel biologique, 2 - Milieu écologique, 3 - Région géographique, 4 - Thème d'activité ou d'intérêt avec : 11 Bactérie/Virus ; 12 Microalgue ; 13 Macroalgue ; 14 Champignon ; 15 Macrophyte ; 16 Autre matériel - 21 Eau marine ; 22 Eau douce ; 23 Eau saumâtre ; 24 Autre milieu - 31 Manche/Mer du Nord ; 32 Atlantique ; 33 Méditerranée ; 34 Autre région - 41 Ressource/Stock ; 42 Récolte/Culture ; 43 Transformation ; 44 Rentabilisation économique ; 45 Transfert de connaissance.

Après une présentation des populations concernées, l'analyse porte essentiellement sur l'importance relative des classes au sein de chaque rubrique ainsi que sur le nombre de choix par personne. Ces critères sont analysés en considérant d'abord l'ensemble du "répertoire Valva" ainsi que son sous-ensemble "Colloque" (ce dernier étant constitué des seules personnes ayant participé aux séances de travail du colloque à Bombannes) et en appréciant ensuite l'influence de chacune des catégories socio-professionnelles retenues (C, D, E, I, Z).

1) Répertoire Valva, sous-ensemble Colloque, communauté nationale potentielle Valva.

Le répertoire Valva, comprend les 252 personnes ayant clairement indiqué leur intérêt en répondant aux questionnaires alors que le sous-ensemble Colloque en compte 154.

ENSEMBLE REPERTOIRE VALVA



SOUS-ENSEMBLE COLLOQUE

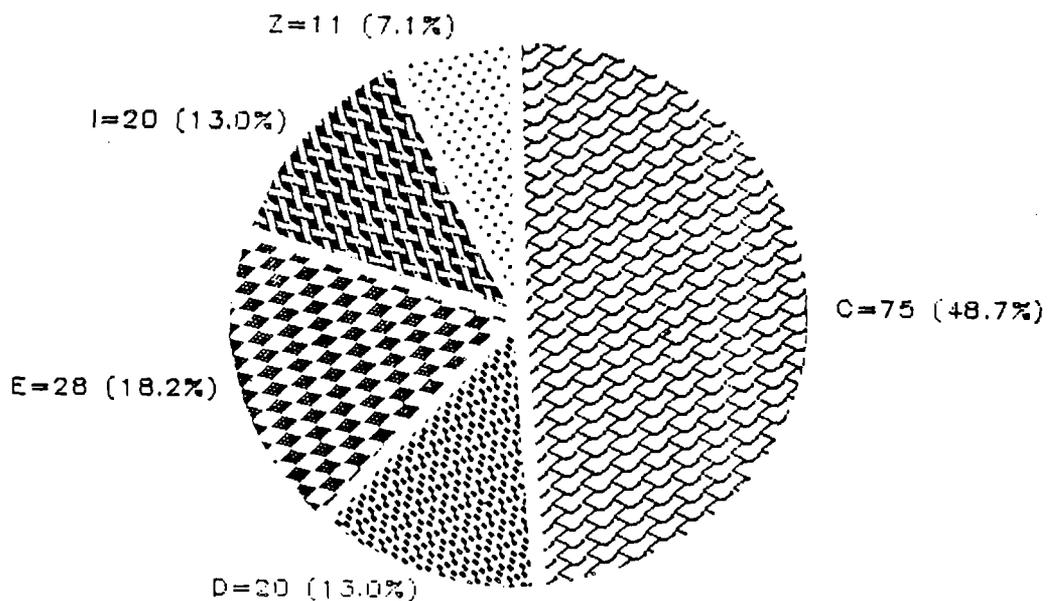


Figure 1. Effectifs (en nombre et pourcentage) de chaque catégorie socio-professionnelle, d'une part au sein du répertoire Valva et d'autre part au sein du sous-ensemble Colloque - C : Chercheur, D : Décideur, E : Etudiant, I : Industriel, Z : Autre catégorie

Par ailleurs les 252 personnes recensées ne représentent évidemment qu'une partie de la communauté nationale potentielle Valva : d'une part toutes les personnes susceptibles d'être intéressées n'ont sûrement pas été contactées et d'autre part, celles qui l'ont été (environ 600) n'ont pas toutes répondu. Diverses considérations donnent à penser que ce répertoire Valva constitue un échantillon représentant entre le quart et la moitié de la communauté nationale potentielle. Le nombre total d'acteurs dans le domaine de la valorisation des végétaux aquatiques serait donc actuellement compris entre 500 et 1000 personnes, étant entendu que ce nombre peut augmenter si de nouvelles possibilités d'utilisation apparaissent pour les végétaux aquatiques.

2) Importance relative des diverses catégories socio-professionnelles

La répartition des 252 noms du répertoire Valva dans les 5 catégories retenues (fig. 1), montre que les chercheurs sont prédominants (127 individus soit environ 50 % de l'effectif). Les trois autres catégories : "Décideur", "Etudiant", "Industriel" présentent des pourcentages nettement inférieurs, mais comparables entre eux (environ 15 %). Notons que les pourcentages pour "Autre catégorie" sont nettement moins importants, justifiant ainsi que ce dernier groupe ne soit pas pris en considération dans les comparaisons ultérieures, entre catégories.

Il est aussi intéressant de remarquer que les pourcentages obtenus pour le répertoire Valva et pour le sous-ensemble Colloque sont très comparables. Ainsi, au moins en ce qui concerne l'importance relative des catégories, le sous-ensemble Colloque apparaît représentatif de l'ensemble répertoire Valva, et cela confirme, si besoin était, la validité des réflexions enregistrées à Bombannes.

Il convient enfin d'évaluer la représentativité du répertoire par rapport à la communauté nationale potentielle Valva. Si les valeurs ci-dessus reflètent indéniablement une partie de la réalité puisqu'elles sont établies à partir d'un échantillon de 252 personnes, il faut aussi reconnaître qu'elles sont affectées par le mode de réalisation du répertoire puisque le noyau de base de la sélection a été constitué par les relations du secrétaire du colloque. Ainsi, le nombre des industriels intéressés est en réalité bien supérieur à celui mentionné dans le répertoire comme un recensement récent, plus ciblé, l'a montré ; il reste néanmoins faible si on le compare à ce qu'il pourrait être, compte tenu des potentialités des végétaux aquatiques et des exemples étrangers, marquant par là un engagement plutôt faible de notre pays dans ce domaine. On notera aussi que si le recensement des étudiants et des chercheurs est relativement fiable, il est beaucoup plus difficile de répertorier tous les décideurs, les industriels et autres personnes susceptibles d'être intéressés. Leur nombre pourrait être augmenté significativement par une meilleure information sur les possibilités offertes ou par un accroissement de nos connaissances sur ces possibilités (ceci est, en particulier, sensible pour la dépollution ou l'industrie pharmaceutique). En résumé, la communauté nationale potentielle Valva apparaît donc mal définie et il est difficile d'affirmer que ce répertoire Valva en constitue un échantillon strictement représentatif, quant à l'importance relative des diverses catégories. En revanche, l'importance numérique du répertoire permet d'en préciser valablement certaines caractéristiques utiles à discuter.

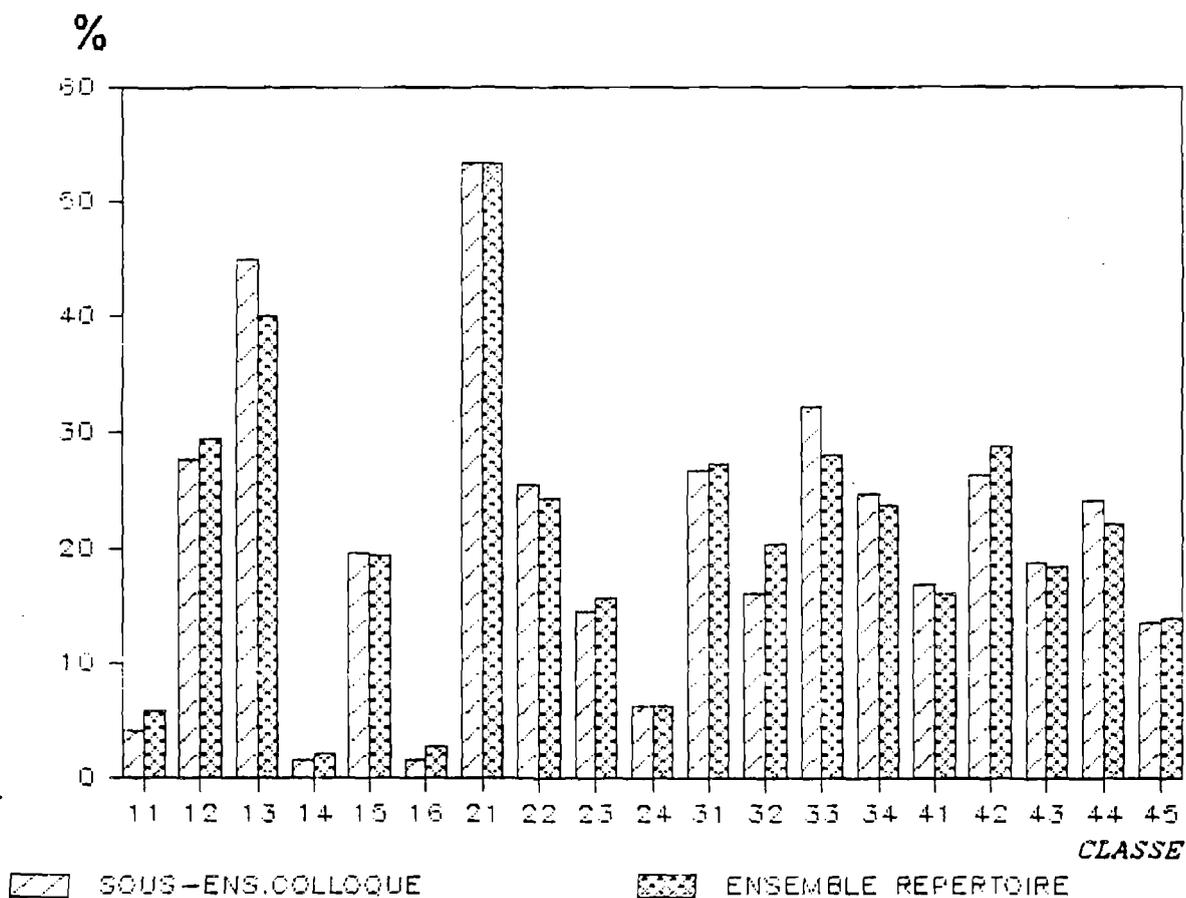


Figure 2. Pourcentage des choix d'une classe au sein d'une rubrique (PC)
 - 1 : Matériel biologique, 11 : Bactérie/Virus, 12 : Microalgue, 13: Macroalgue, 14 : Champignon, 15 : Macrophyte, 16 : Autre matériel - 2 : Milieu écologique, 21 : Eau marine, 22 : Eau douce, 23 : Eau saumâtre, 24 : Autre milieu - 3 : Région géographique, 31 : Manche/Mer du Nord, 32: Atlantique, 33 : Méditerranée, 34 : Autre région - 4 : Thème d'activité, 41 : Ressource/stock, 42 : Récolte/ culture, 43 : Transformation, 44 : Rentabilisation économique, 45 : Transfert de connaissance. A titre d'exemple, pour la classe 11 de la rubrique 1 les calculs sont de la forme $PC_{11} = 100(C_{11}/C_{11}+C_{12}+C_{13}+C_{14}+C_{15}+C_{16})$ où C représente le nombre de choix dans chaque classe de la rubrique.

3) Importance relative des classes au sein de chaque rubrique

Le nombre total des choix d'une classe donnée (= nombre de croix présentes dans la colonne constituant cette classe du tableau synthétique) est rapporté au nombre total des choix indiqués dans la rubrique correspondante. Les pourcentages (PC) ainsi définis sont calculés pour l'ensemble du répertoire et pour le sous-ensemble Colloque.

La figure 2 met très bien en évidence les choix les plus fréquents au sein de chaque rubrique.

- **Matériel biologique.** Trois classes se distinguent d'emblée parmi lesquelles celle des macroalgues qui est de beaucoup la plus représentée (40 % des choix) ; celle des microalgues puis celle des macrophytes viennent ensuite respectivement avec 30 % et 20 %. La prédominance des algues traduit sans doute une meilleure perception de leur aptitude à être valorisée mais elle est aussi influencée par la "sélection", déjà mentionnée, des personnes du répertoire.
- **Milieu écologique.** La classe eau marine est particulièrement prédominante (54 %) par rapport à eau douce (23 %) ; mais là encore les relations du secrétariat du colloque introduisent un biais.
- **Région géographique.** La répartition des choix est assez homogène au sein de la rubrique, avec cependant une légère prépondérance des classes Manche et Méditerranée par rapport à la classe Atlantique. Si on se réfère à l'ensemble de ces 3 classes, la rubrique reflète un intérêt bien marqué pour le milieu marin, mais il convient de rappeler la réserve, déjà signalée, liée à la "sélection" du répertoire. De plus notons que la classe "autre région" souvent choisie (24 %) représente surtout les régions orientées vers les eaux continentales même si les régions marines extramétropolitaines y sont prises en compte.
- **Thème d'activité.** La répartition des choix est, là encore, assez homogène même si la classe récolte/culture est légèrement prépondérante. A noter aussi que les aspects économie, transformation, ressource/stock et même transfert de connaissance intéressent un effectif important (15 à 20 %).

Signalons que, là encore, le sous-ensemble Colloque apparaît bien représentatif de l'ensemble du répertoire Valva puisque les pourcentages observés sont très comparables dans les 2 cas, à l'exception de macroalgue et Méditerranée.

Enfin, sur un plan plus général, notons que l'importance numérique des classes est suffisante pour que l'on puisse en tirer une analyse significative (à l'exception de bactérie-virus, champignon, autre matériel biologique, autre milieu écologique qui sont peu représentées).

Figure 3. Nombre moyen de choix par personne pour une rubrique donnée (CR) et valeur corrigée (CC)-1: Matériel biologique, 2: Milieu écologique, 3 : Région géographique, 4 : Thème d'activité. A titre d'exemple, pour la rubrique 1 les calculs sont de la forme $CR1 = (C11+C12+C13+C14+C15+C16)/N$ où C représente le nombre de choix dans chaque classe de la rubrique et N le nombre de personnes concernées. Par ailleurs $CC = CR/(R/4)$ où R est le nombre de classes dans la rubrique considérée.

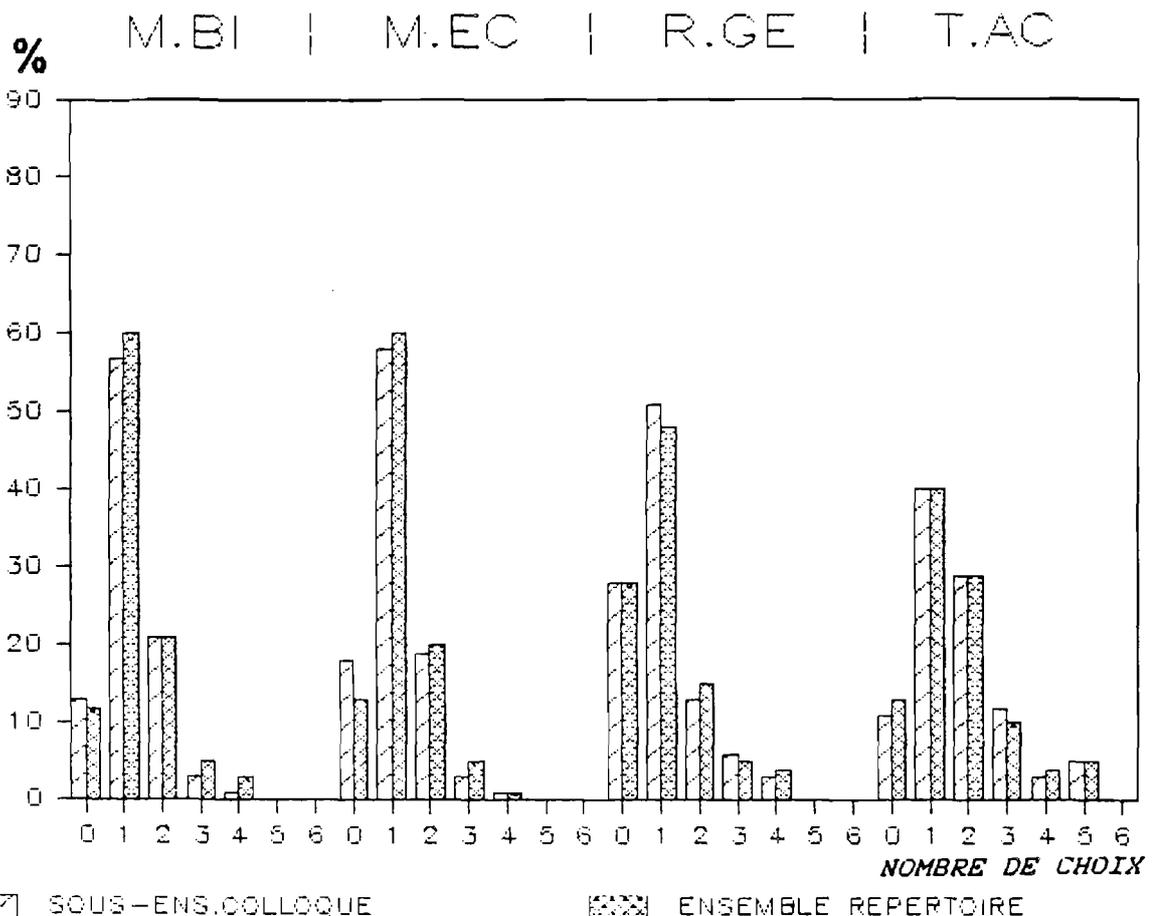
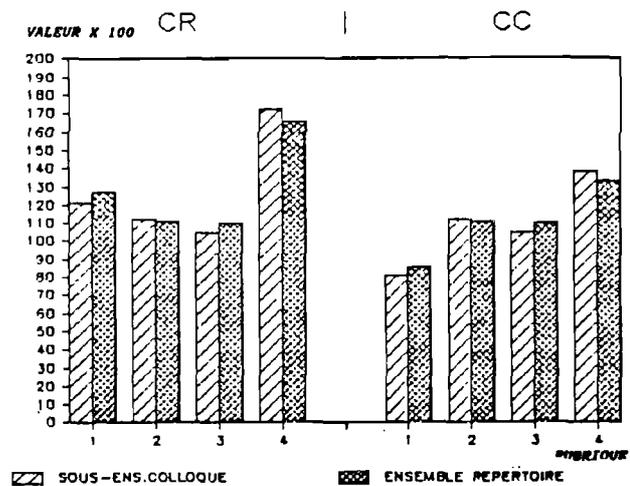


Figure 4. Pourcentage des personnes ayant indiqué le même nombre de choix pour une rubrique donnée (PP) - M.BI : Matériel biologique, M.EC : Milieu écologique, R.GE : Région géographique, T.AC : Thème d'activité - 0,1,2,3,4,5,6 : nombre de choix par personne dans chaque rubrique. A titre d'exemple, pour "1 choix" les calculs sont de la forme $PP1 = 100(N1/N)$ où N1 est le nombre de personnes ayant indiqué 1 seul choix et N le nombre total de personnes concernées.

4) Importance relative des rubriques

L'intérêt porté à une rubrique par les personnes concernées (et/ou leur spécialisation) est appréciée à l'aide de 2 groupes de variables correspondant d'une part au nombre moyen de choix par personne et d'autre part au pourcentage des personnes ayant indiqué le même nombre de choix.

Nombre moyen de choix par personne pour une rubrique donnée (CR)

Cette variable correspond au quotient du nombre total de choix indiqués dans toutes les classes de cette rubrique, par le nombre de personnes concernées ; une valeur corrigée (CC) est obtenue en divisant CR par un facteur correcteur $R/4$ (où R est le nombre de classes de la rubrique) pour atténuer l'influence du nombre hétérogène de classes par rubrique. On peut estimer que le nombre moyen le plus représentatif est compris entre CR et CC. La figure 3 met bien en évidence que ce nombre moyen de choix est supérieur dans la rubrique thème d'activité. En d'autres termes, les personnes recensées montrent, chacune, un intérêt plus diversifié quand elles envisagent le thème d'activité que lorsqu'il s'agit des autres rubriques où l'intérêt apparaît au contraire plus focalisé.

Pourcentage des personnes ayant indiqué le même nombre de choix (0,1,2,3,4,5 ou 6) pour une rubrique donnée (PP).

Cette variable confirme et précise les conclusions précédentes. En effet (fig. 4), si les réponses à 1 seul choix sont partout les plus fréquentes, elles le sont relativement moins dans thème d'activité ; de plus cette rubrique présente très peu de réponses à 0 choix, de nombreuses à 2 choix et est la seule à en compter à 5 choix. Dans le matériel biologique et le milieu écologique les histogrammes sont très semblables avec, en particulier, des valeurs comparables pour 2 et 0 choix ; en revanche, dans la région géographique, les valeurs pour 0 choix sont nettement supérieures à celles pour 2 choix mettant ainsi en évidence une moins grande spécialisation géographique que la figure 3 ne le laissait penser.

Enfin notons que les résultats relatifs aux variables ci-dessus, obtenus pour l'ensemble du répertoire Valva et pour le sous-ensemble Colloque (fig. 3 et fig. 4), sont, là encore, tout à fait comparables.

5) Comparaison des données par catégorie socio-professionnelle

Les données discutées jusqu'ici sont relatives à l'ensemble du répertoire Valva ou au sous-ensemble Colloque mais il est important de connaître l'influence de la catégorie professionnelle sur les variables considérées. Pour apprécier cette influence, les valeurs calculées pour chaque catégorie sont comparées aux valeurs correspondantes obtenues pour l'ensemble du répertoire Valva. Les valeurs relatives à "autre catégorie" ne sont pas discutées, en raison du faible effectif de ce groupe.

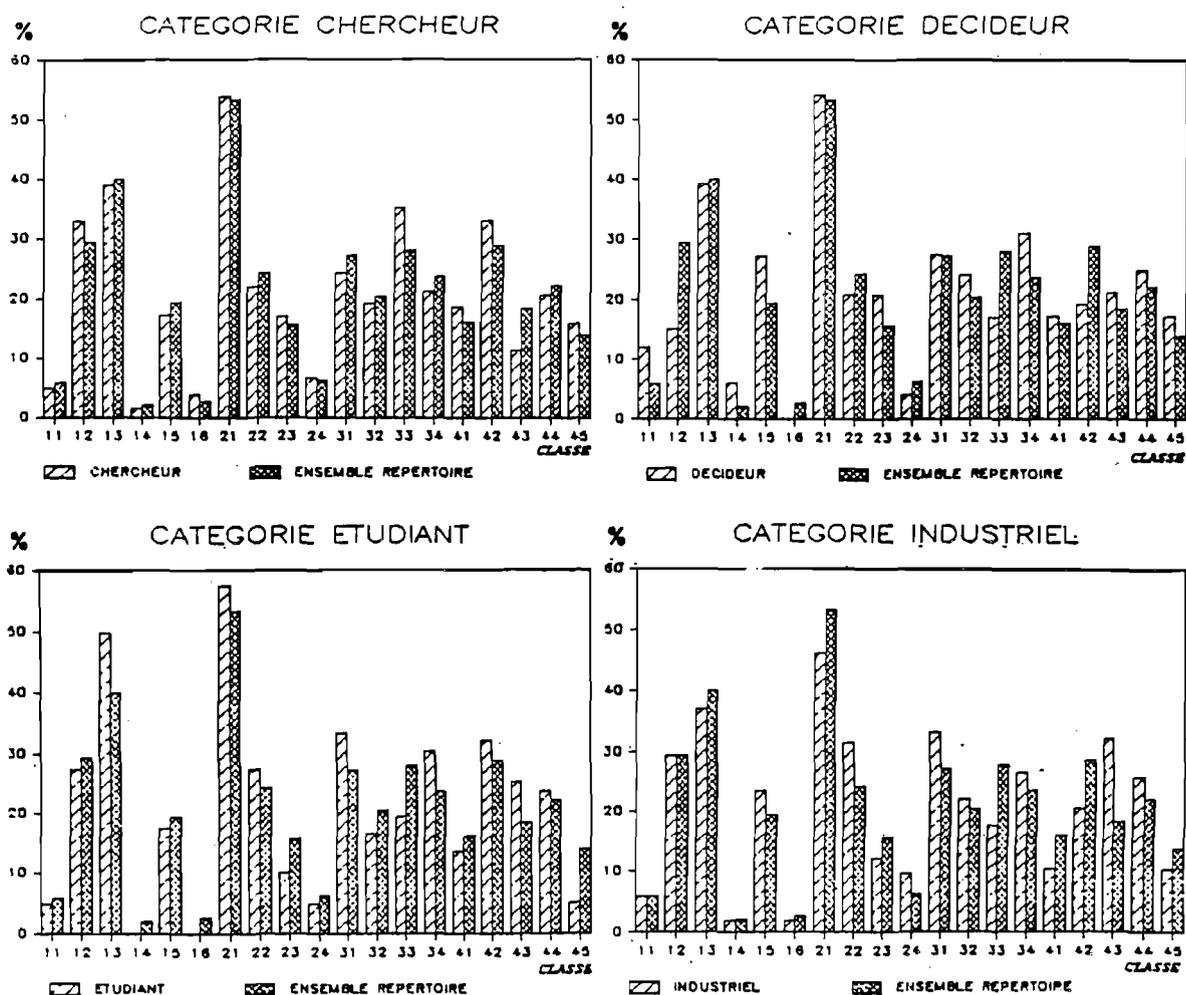


Figure 5. Pourcentages des choix d'une classe au sein d'une rubrique (PC), pour l'ensemble du répertoire et pour chacune des 4 catégories indiquées (Chercheur, Décideur, Etudiant, Industriel) - 1 : Matériel biologique, 11 : Bactérie/Virus, 12 : Microalgue, 13 : Macroalgue, 14 : Champignon, 15 : Macrophyte, 16 : Autre matériel - 2 : Milieu écologique 21 : Eau marine, 22 : Eau douce, 23 : Eau saumâtre, 24 : Autre milieu - 3 : Région géographique, 31 : Manche/Mer du Nord, 32 : Atlantique, 33 : Méditerranée, 34 : Autre région - 4 : Thème d'activité : 41 : Ressource/stock, 42 : Récolte/ culture, 43 : Transformation, 44 : Rentabilisation économique, 45 : Transfert de connaissance. A titre d'exemple, pour la classe 11 de la rubrique 1 les calculs sont de la forme $PC_{11} = 100(C_{11}/C_{11}+C_{12}+C_{13}+C_{14}+C_{15}+C_{16})$ où C représente le nombre de choix dans chaque classe de la rubrique.

Importance relative des rubriques (PC)

L'intérêt porté aux différentes options proposées est analysé à l'aide de ce critère, pour chaque catégorie socio-professionnelle (fig.5). On peut dégager quelques grandes tendances.

Chercheurs : D'une manière générale les variations sont faibles entre cette catégorie et le répertoire pris dans son ensemble, en raison bien sûr, de l'effectif important des chercheurs. En ne considérant que les classes bien représentées il apparaît que l'intérêt de cette catégorie est nettement supérieur à la moyenne pour Méditerranée ainsi qu'à un moindre degré pour microalgue, ressource/stock, transfert de connaissance. L'association des 2 premières classes citées peut être due à l'influence de nombreux chercheurs en milieu marin qui, en Méditerranée, sont classiquement orientés vers les microalgues. L'influence des chercheurs intéressés par la dépollution en eau douce peut aussi expliquer l'orientation privilégiée vers les microalgues.

En revanche, les chercheurs, délaissent particulièrement la transformation ainsi que macrophyte, eau douce, Manche et autre région géographique, classes pour lesquelles un effort significatif devrait être entrepris.

Décideurs : Leur intérêt va principalement à bactérie/virus, macrophyte, Atlantique, autre région géographique, puis transformation, rentabilisation économique et transfert de connaissance. L'influence des personnes orientées vers les problèmes de gestion des eaux douces continentales peut contribuer à expliquer le choix privilégié des premières classes citées tandis que les secondes correspondent bien sûr à des préoccupations fréquentes des décideurs.

Il est aussi intéressant de noter que cette catégorie délaisse microalgue, Méditerranée et récolte/culture ; cela est peut être en relation avec une moindre demande de valorisation dans ces domaines, au plan national.

Etudiants : L'intérêt marqué pour macroalgue, eau marine, Manche/Mer du Nord est influencé par l'importance des élèves de 3^e cycle d'Algologie de l'Université P. et M. Curie dans l'échantillon considéré. Par ailleurs l'orientation privilégiée pour eau douce, autre région géographique, récolte/culture, transformation et rentabilisation économique correspond sans doute à des préoccupations générales incluant celles des étudiants attirés vers les eaux continentales pour les problèmes de dépollution par exemple.

Industriels : L'intérêt des industriels est plus orienté vers macrophyte, eau douce, autre région d'une part et Manche, transformation, rentabilité économique d'autre part, le choix de ces dernières classes étant logique dans la mesure où elles correspondent à des préoccupations privilégiées dans cette catégorie. Il apparaît peut être là deux sous-populations l'une plus bretonne avec l'exploitation des algues et l'autre plus continentale avec la gestion des lagunages, etc...

A noter que les industriels délaissent la Méditerranée, remarque qui mérite sûrement d'être prise en considération pour une action au plan national.

VALEUR X 100

C R

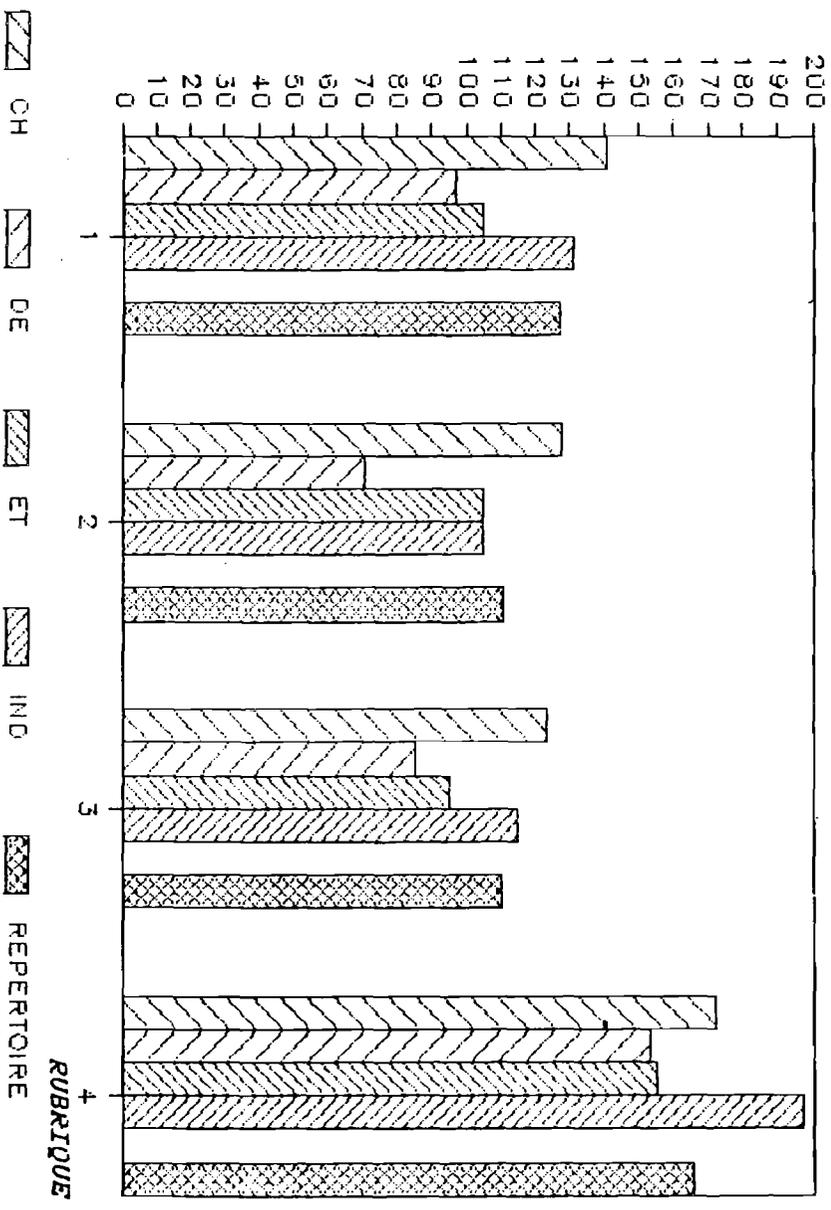


Figure 6. Nombre moyen de choix par personne dans une rubrique (CR), pour l'ensemble du répertoire Valva et pour chacune des 4 catégories indiquées (CH : Chercheur, DE : Decideur, ET : Etudiant, IND : Industriel) -1 : Matériel biologique, 2 : Milieu écologique, 3 : Région géographique, 4 : Thème d'activité. A titre d'exemple, pour la rubrique 1 les calculs sont de la forme $CR1 = (C11+C12+C13+C14+C15+C16)/N$ où C représente le nombre de choix dans chaque classe et N le nombre de personnes concernées.

Nombre moyen de choix par personne dans une rubrique (CR)

En analysant ce critère pour chaque catégorie (fig. 6) il apparaît que les décideurs se situent toujours au-dessous de la moyenne alors que les chercheurs sont toujours au-dessus et ceci quelque soit la rubrique.

L'autre fait important à noter est l'intérêt nettement marqué des industriels pour la rubrique Thème d'activité.

Cette situation est précisée au paragraphe suivant, en analysant les histogrammes représentant la répartition des pourcentages des personnes ayant indiqué le même nombre de choix par rubrique.

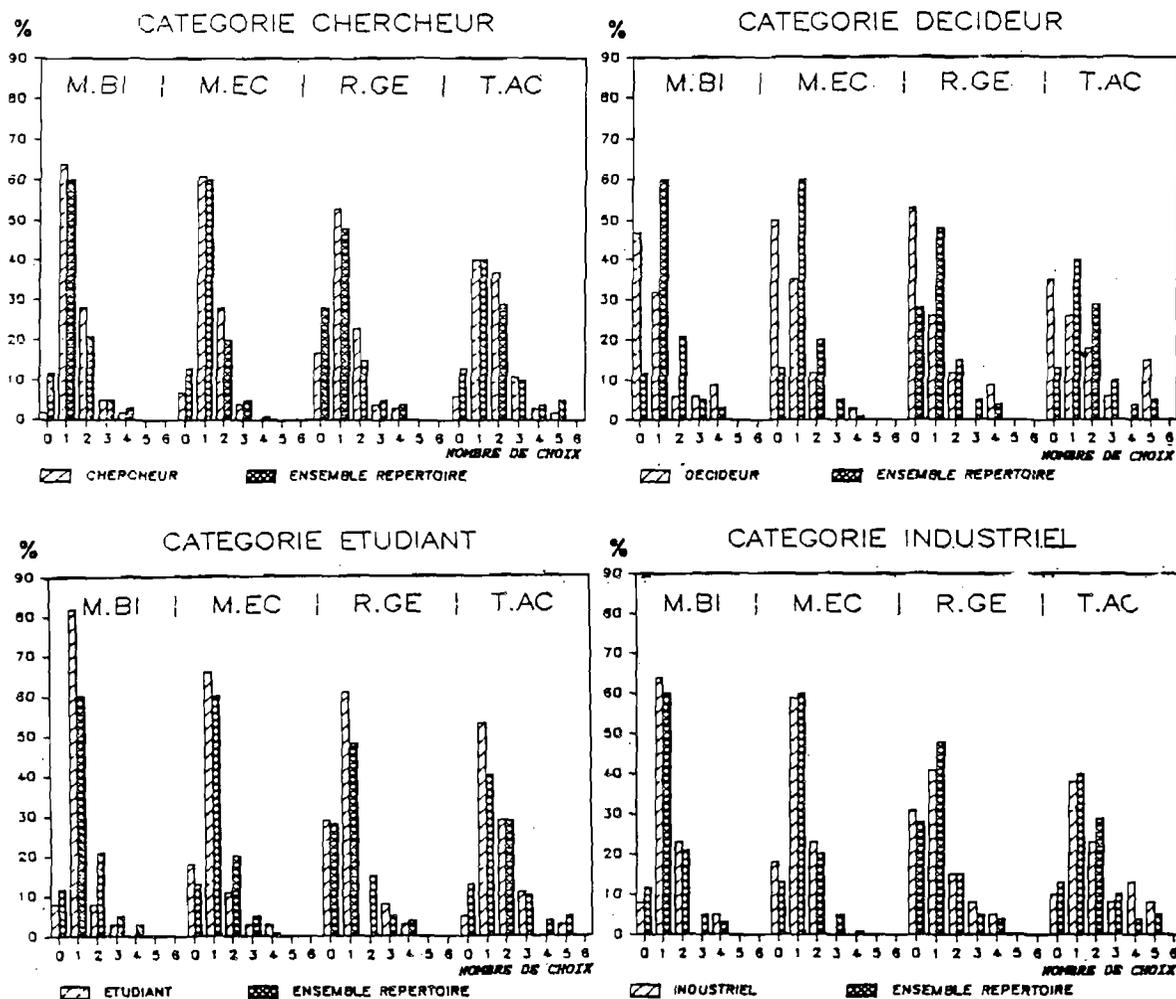


Figure 7. Pourcentages des personnes ayant indiqué le même nombre de choix par rubrique (PP), pour l'ensemble du répertoire Valva et pour chacune des 4 catégories indiquées (Chercheur, Décideur, Etudiant, Industriel) - M.BI : Matériel biologique, M.EC : Milieu écologique, R.GE: Région géographique, T.AC : Thème d'activité - 0,1,2,3,4,5,6 : nombre de choix par personne dans chaque rubrique. A titre d'exemple, pour "1 choix" les calculs sont de la forme $PP_1 = 100(N_1/N)$ où N_1 est le nombre de personnes ayant indiqué 1 seul choix et N le nombre total de personnes concernées.

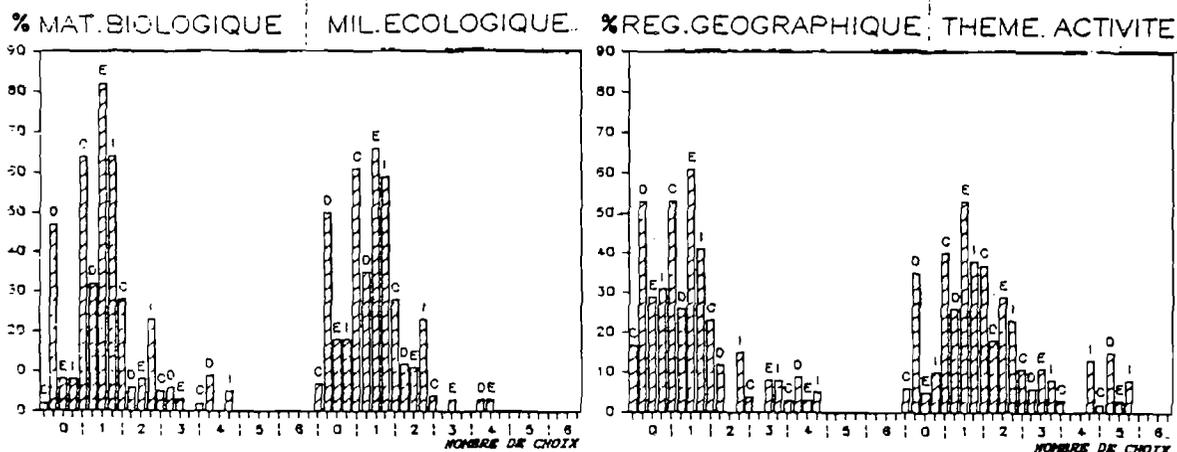


Figure 8. Mêmes données que dans la figure 7 (à l'exception de celles relatives à l'ensemble du répertoire) présentées, ici, par rubrique pour faciliter la comparaison des catégories socio-professionnelles entre-elles - C : Chercheur, D : Décideur, E : Etudiant, I : Industriel.

Pourcentages des personnes ayant indiqué le même nombre de choix par rubrique (PP) .

L'analyse de ce critère, par catégorie socio-professionnelle, conduit aux conclusions suivantes (fig. 7 et fig. 8).

Chercheurs : Quelque soit la rubrique, le pourcentage de leurs réponses 0 choix est nettement inférieur à la moyenne alors qu'il se situe au niveau de celle-ci pour 1 choix et apparait nettement supérieur pour 2 choix. Cette répartition met ainsi en évidence l'intérêt diversifié des chercheurs, dans les domaines connexes d'une même rubrique.

Décideurs : La situation est quasi-inverse de la précédente en ce qui concerne 0 choix puisque ce sont les décideurs qui ont le plus souvent donné cette réponse. De plus ils représentent la catégorie ayant le moins souvent indiqué 1 et 2 choix ; enfin ils ont toujours des pourcentages nettement supérieurs à la moyenne pour 4, 5 choix, nombres qui représentent les valeurs maximales possibles dans les rubriques. Ce type de spectre peut traduire un intérêt très diversifié pour certains décideurs au moins.

Etudiants : Les pourcentages de cette catégorie se situent généralement au niveau de la moyenne pour 0-2 choix, et nettement au-dessus de celle-ci pour 1 choix. L'intérêt des étudiants apparait donc relativement bien focalisé.

Industriels : En général les pourcentages sont voisins de la moyenne pour 0,1,2 choix. De plus les valeurs correspondant au nombre maximal de choix possibles dans chaque rubrique sont supérieures aux valeurs moyennes. Les industriels constituent donc une population très diversifiée présentant un large spectre d'intérêt dans toutes les rubriques. En ce qui concerne le thème d'activité, cette importance de choix multiples tend à montrer que les industriels s'intéressent à l'ensemble d'une filière, depuis l'évaluation des possibilités jusqu'à l'exploitation des ressources.

RESUME - CONCLUSION

Au sein de la population nationale intéressée par la valorisation des algues et autres végétaux aquatiques, trois ensembles sont à considérer :

- (1) Le répertoire Valva qui groupe les 252 personnes ayant répondu de façon aussi complète que possible aux différents questionnaires distribués depuis 1982. L'analyse des choix ainsi exprimés (en fonction des 19 options possibles) conduit à des remarques utiles à prendre en compte pour orienter toute stratégie en ce domaine. Pour mieux cerner les divers aspects, 5 catégories ont été distinguées (Chercheur, Décideur, Etudiant, Industriel, Autre catégorie).
- (2) Le sous-ensemble Colloque qui ne contient que les 154 personnes, mentionnées dans le répertoire, ayant participé aux travaux du colloque, à Bombannes, en 1982
- (3) la Communauté Nationale potentielle Valva qui correspond à toutes les personnes susceptibles d'être concernées ; elle peut être évaluée actuellement à 500-1000 personnes mais ses limites sont fluctuantes en fonction de nos possibilités à communiquer les connaissances et de l'évolution de celles-ci.

Il apparaît que le sous-ensemble Colloque est bien représentatif du répertoire Valva car les valeurs des diverses variables utilisées sont très comparables quand l'un ou l'autre effectif est considéré.

Avec les données actuelles la catégorie Chercheur correspond à 50 % environ du répertoire alors que chacune des 3 autres (Décideur, Etudiant, Industriel) n'en représente qu'environ 15 %. Un effort particulier d'information et de communication doit donc être fait pour ces derniers groupes.

Les 19 classes d'options possibles correspondent à 4 rubriques. Pour le matériel biologique les macroalgues suscitent le plus grand intérêt puis viennent les microalgues et les macrophytes. Pour le milieu écologique l'intérêt est prioritairement orienté vers les eaux marines mais les eaux douces sont aussi très bien "perçues". Les 4 classes de la rubrique région géographique ont chacune un pouvoir attractif assez semblable avec cependant un léger gradient entr'elles : Méditerranée (28 %), Manche-Mer du Nord (27 %), Autre région (24 %), Atlantique (21 %). La situation est assez comparable pour la rubrique thème d'activité dont les 5 classes présentent respectivement les pourcentages suivants : récolte/culture (29 %) ; rentabilisation (22 %) ; transformation (19 %) ; ressource/stock (17 %) et transfert de connaissance (14 %).

Chaque intéressé choisit en moyenne de 1,3 à 1,7 options pour la rubrique thème d'activité alors que les valeurs correspondantes pour matériel biologique, milieu écologique et région géographique sont beaucoup plus proches de 1,0. Les spectres traduisant la répartition des pourcentages de réponses à 0,1,2,3,4,5,6 choix pour chaque personne, au sein de chaque rubrique, confirment l'intérêt plus diversifié pour le thème d'activité et précisent le comportement de la population vis à vis des autres rubriques.

Pour les diverses variables étudiées, les valeurs relatives à l'ensemble du répertoire Valva comparées à celles de chacune des 4 principales catégories socio-professionnelles (Chercheur, Décideur, Etudiant, Industriel) permettent de préciser certaines tendances de groupe comme :

- (1) l'intérêt des industriels pour des filières complètes quelque soit le matériel, le milieu ou la région de leur application.
- (2) l'ouverture des décideurs à des valorisations de végétaux aquatiques, sans idée a priori sur telle ou telle plante.
- (3) le désir des chercheurs de privilégier les études sur les microalgues, la région méditerranéenne, la récolte/culture, alors qu'une insuffisance apparaît ailleurs, particulièrement en ce qui concerne les macrophytes ou la région Manche-Mer du Nord. A cette constatation, on peut d'ailleurs rapporter l'exemple de l'épuration par lagunage où les systèmes à microphytes ont jusqu'à maintenant complètement écarté tout système à macrophytes, jugé pourtant plus performant par certains chercheurs.
- (4) l'intérêt des étudiants plus orienté d'une part vers le domaine marin, d'autre part vers les domaines et régions où la couverture scientifique apparaît insuffisante. Dans ce dernier cas en particulier, encore faudrait-il qu'ils trouvent alors des structures nécessaires pour les accueillir et des moyens pour y travailler.

IFREMER-SDP
Centre de BREST
Bibliothèque
B.P 70-29263 PLOUZANE

Imprimé en France
IFREMER - SDP
BP 70 - 29263 PLOUZANE

Dépôt légal 4ème trimestre 1988