

0600732

UNIVERSITE DE DAKAR

FACULTE DES SCIENCES

THESE

présentée

pour obtenir le grade de  
DOCTEUR INGENIEUR

en

CHIMIE

p a r

Madame Itaf Deme GNINGUE

**LES ALGUES MARINES DU SENEGAL :  
ETUDE DE LEUR ACTION FERTILISANTE  
ENCULTURES MARAICHERES**

.. . .

Soutenu le 25 janvier 1985 devant le Jury composé de :

Messieurs : A. T. BA

Président

A. FONTANA

J. M. KORNPROBST

A. NONGONIERMA

S. SECK

Examineurs

## R E M E R C I E M E N T S

-----

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Jean Michel KORNPROBST pour la confiance dont il a fait preuve à mon égard en acceptant de diriger mes travaux.

A Monsieur Jean PAGES, j'exprime ma profonde gratitude pour sa disponibilité et les précieux conseils qu'il n'a cessé de me donner tout au long de ce travail.

Je remercie également Monsieur André FONTANA, pour sa disponibilité car malgré ses lourdes charges, il a suivi mon travail avec beaucoup d'attention.

Je suis très honorée que Monsieur Amadou Tidjane BA ait accepté de présider mon jury et souhaite que ce contact soit une occasion pour tisser des relations d'amitié et de coopération.

Mes remerciements s'adressent aussi à Monsieur Mahamadou El Habib LY ainsi que tout le personnel du Centre de Développement pour l'Horticulture pour leur aide matérielle et leurs conseils judicieux.

Je remercie également Messieurs Léopold SARR, François FAYE et Francis GANRY pour leur aide.

A Monsieur Issa NDIAYE, j'exprime ma gratitude pour son efficacité et le sérieux apporté à la réalisation de ce travail de même qu'à messieurs Daouda BARRY et Cheikh NDOUR.

En la personne de Monsieur Jean Yves LOYER, je tiens à remercier toute son équipe pour leur contribution à ce travail de même que tout le personnel du Laboratoire commun de l'ORSTOM-Hann.

Par l'intermédiaire de Monsieur François DALLET, j'exprime ma reconnaissance à la SSEPC pour leur aide matérielle.

Je tiens à remercier aussi l'ensemble du personnel du CRODT pour leur soutien moral plus particulièrement Mesdemoiselles Ramatoulaye NDIAYE, Thiam SOW, Mesdames NDIAYE, DIAMANKA pour la dactylographie de cette thèse.

Je remercie aussi mon mari, mes pasents et mes amis pour leur soutien moral ainsi que tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

Cette étude a bénéficié d'un financement des Communautés Economiques Européennes, et je remercie son représentant à Dakar.

Mes remerciements vont également à Messieurs Souleymane SECK et Antoine NONGONIERMA pour avoir accepté de faire partie de mon jury.

Je remercie Mademoiselle Jacqueline LOPEZ, directrice du Centre de Recherches Océanographiques pour sa disponibilité et l'intérêt qu'elle a accordé à ce travail.

# S O M M A I R E

	<u>PAGES</u>
INTRODUCTION .....	1
A - ETUDE DES ALGUES :	
I. - Les algues de la côte du Sénégal.....	3
1.- Répartition des algues	
1.1. Facteurs de répartition	
2.- Composition qualitative des dépôts	
3.- Estimation quantitative des dépôts	
II. - Composition chimique des algues.. . . . .	12
1. - Méthodes	
1.1. Dosage de l'azote	
1.2. Dosage des phosphates	
1.3. Dosage du potassium	
2.- Résultats	
3. - Discussions	
III.- Etude de la décomposition des algues dans le sol.....	19
1.- Méthode par algues marquées	
1.1. Conditions expérimentales	
1.1.1. Marquage	
1.1.2. Expérimentation	
1.2. Résultats et discussion	
2.- Méthode par algues brutes	
2.1. Rappel du but de la méthode	
2.2. Conditions expérimentales	
2.3. Résultats et discussion	
3.- Conclusion	
IV. - Le Sel.....	27
1.- Teneur en sel des algues	
1.1. Problèmes de la mesure	
1.1.1. Conductivité	
1.1.2. Argentimétrie	
1.1.3. Réfractométrie	
1.2. Extraction	
1.2.1. Résultats et discussion	
1.2.1.1. Extraction par un seul lavage	
1.2.1.2. Extraction par lavages multiples	
1.3. Teneur en sel des différentes algues utilisées	
2.- Effet du sel sur le sol. et les cultures	
2.1. Suivi du sel apporté par les algues	
a) A Cambérène	
b) En milieu paysan	
c) A l'ORSTOM	
2.1.1. Suivi du sel avec différentes doses d'algues	
2.1.1.1. Résultats et discussion.	

2.- Deuxième essai	
2.1. Conditions expérimentales	
2.2. Résultats et discussion	
2.2.1. Croissance végétative	
2.2.2. Floraison	
2.2.3. Récolte	
2.2.4. Pourcentage de tomates selon le calibre	
3.- Conclusion	
VII.- Essai sur l'oignon . . . . .*	66
1.- Conditions expérimentales	
2.- Résultats et discussion	
2.1. Croissance végétative	
2.2. Floraison	
2.3. Récolte	
2.3.1. Rendement	
2.3.2. Qualité de la récolte	
2.3.3. Calibre des bulbes	
3.- Conclusion	
VIII.-Essai sur la Laitue . . . . .	73
1.- Conditions expérimentales	
2.- Résultats et discussion	
2.1. Premier essai	
2.2. Deuxième essai	
2.3. Troisième essai	
2.4. Quatrième essai	
3.- Conclusion	
IX. - Essai sur le Mil Souna . . . . .	78
1.- Essai on pot	
1.1. Conditions expérimentales	
1.2. Résultats et discussion	
2.- Essai en pleine terre (au CRODT)	
2.1. Conditions expérimentales	
2.2. Résultats et discussion	
2.2.1. Croissance végétative	
2.2.2. Résultats de la récolte	
3.- Essai au Centre ORSTOM de Bel-Air	
3.1. Conditions expérimentales	
3.2. Résultats et discussion	
3.2.1. Croissance végétative	
3.2.2. Récolte	
4.- Conclusion	
X. - Essai sur le Maïs . . . . .*	84
1.- Conditions expérimentales	
2.- Résultats et discussion	
2.1. Croissance végétative	
2.2. Récolte	
3.- Conclusion	

XI. - Discussion sur les essais cultureaux.....	86
C - ASPECTS ECONOMIQUES DE L'UTILISATION AGRICOLE DES ALGUES :	
I. - Le coût.....	89
1.- Ramassage	
1.1. Vitesse de ramassage	
1.1.1. A terre	
1.1.2. Dans l'eau	
a) Ramassage de <i>Cladophora</i>	
b) Ramassage d' <i>Ulva</i>	
2.- Coût du kilo d'algues séchées	
2.1. Cas d'un prix fixe de 25 F le kilo	
2.2. Cas de recrutement d'un journalier	
3.- Le transport	
4.- Séchage	
II. - Rentabilité du procédé.....	93
1.- Prix des fumures autres que les algues	
1.1. Prix des engrais minéraux	
1.2. Prix des engrais organiques	
D - CONCLUSION GENERALE :	
1. - Essais cultureaux.....	96
II. - Effet du sel .....	91
III.- Aspects économiques et sociologiques .....	
IV. - Développements ultérieurs .....	97
E - BIBLIOGRAPHIE.....	100

## I N T R O D U C T I O N

Depuis l'antiquité, les hommes recherchent et récoltent les algues à des fins d'utilisations diverses.

- Dans le domaine de l'alimentation humaine et animale : ces récoltes étaient jusqu'au 16<sup>ème</sup> siècle essentiellement destinées à une autoconsommation locale. Puis vers 1660, l'extraction et la production d'agar-agar ont commencé au Japon et ont induit un commerce nouveau qui n'a fait que s'amplifier au cours des siècles. Aujourd'hui,, de nombreux aliments sont fabriqués à partir des algues : le nori japonais, le Kombu, le Wakane et divers gélifiants utilisés en industries agroalimentaires (VINCENT, 1924 ; LIU et *al.*, 1983 ; NEUSHUL, 1983 ; MURAKAMI, 1983).

- Dans le domaine industriel : le développement industriel a créé à partir du 17<sup>ème</sup> siècle, un besoin important en produits chimiques et a ainsi favorisé diverses productions (soude par combustion de Varech, iode à partir d'algues brunes vers 1830, potasse en 1920 et alginates vers 1930). Actuellement, les produits chimiques extraits des algues sont très recherchés dans des industries aussi variées que celles de la peinture, de la fonderie, du textile, de la parfumerie et de la pharmacie (JACQUIN, 1980 ; CHENNUBHOTLA et *al.*, 1981 ; CHASSE, 1982 ; CHAUDRY, 1982 ; BAKER, 1983 ; KANEDA, 1983 ; RIBIER et GODINEAU, 1984).

- Dans le domaine énergétique : la crise énergétique vers 1970, a favorisé la recherche d'autres sources d'énergie, notamment celles dites renouvelables. Ainsi, à l'image des végétaux terrestres, les algues marines sont aujourd'hui utilisées pour fabriquer de l'alcool ou du méthane par fermentation, ou comme combustible après avoir été mouluées et séchées (HART, 1978 ; HANISAK, 1980 ; RYTHER, 1980 ; ASINARI et *al.*, 1981 ; BULLE et *al.*, 1982 ; LEGROS, 1982 ; HANISAK, 1982 ; NEUSHUL, 1983).

- Dans le domaine agricole ; SAUVAGEAU (1920), note que les algues marines ont été employées comme amendement et engrais depuis le 12<sup>ème</sup> siècle aussi bien en Europe qu'en Amérique. Elles ont été appliquées à la terre là où la mer les a rendues accessibles (MILTON, 1961). Aujourd'hui, beaucoup de pays les utilisent à cette fin (MYKLESTAD, 1963 ; HALLISSON, 1964 ; DUVAL, 1966 ; AUGIER, 1976 ; BOOTH, 1981 ; GUPTA et LEOD, 1982 ; JIAO, 1983 ; BEHAL et GUPTA, 1983).

Au Sénégal, les dépôts d'algues sur les plages ont toujours été considérés comme des déchets gênants, occasionnant de plus une nuisance par les fortes odeurs dégagées lors de leur décomposition.

Notons cependant que de 1973 à 1981, la Société SENEGALGUE a exploité à Joal une algue rouge (*Hypnea*) qui était exportée pour l'extraction de Carraghénane. En outre, depuis 1981, deux maraîchers de Ngor effectuent des tentatives d'application d'algues dans leurs champs.

A part ces essais, rien jusqu'à présent n'a véritablement été tenté pour valoriser la biomasse algale.

Le but de nos travaux est donc de pallier cette carence et de montrer que l'utilisation des algues marines dans le domaine agricole pourrait s'appliquer au Sénégal.

La justification est double :

- d'une part, le Sénégal est un pays avant tout agricole avec une population très fortement rurale, Ses sols sont généralement pauvres, sablonneux et favorables à un lessivage rapide des engrais minéraux. De ce fait, un apport de matières organiques est toujours souhaitable pour à la fois agir sur la structure physique du sol (amendement) et apporter aux cultures les éléments nutritifs indispensables (fertilisation).

- d'autre part, l'arrêt des subventions sur les engrais chimiques a entraîné pour le paysan une très forte augmentation des coûts de production, d'où la recherche systématique d'engrais moins onéreux.

La fertilisation des sols par les algues a donc été utilisée au Sénégal. Pour cela, nous avons testé sur un certain nombre de cultures l'action fertilisante des trois algues les plus fréquentes sur nos côtes, analysé leur évolution dans le sol et les conséquences de leur application répétée.

A , E T U D E D E S A L G U E S

## A.I. - LES ALGUES DE LA COTE DU SENEGAL

Les algues sont des cryptogames thallophytiques et chlorophylliens, c'est-à-dire qu'elles ne présentent jamais de tiges, de feuilles et de racines ; de même, elles ne possèdent jamais de parties <sup>reproducteurs</sup> voyantes (fleurs) qui entourent comme chez les végétaux terrestres les organes reproducteurs. Pour leur métabolisme, les algues utilisent la photosynthèse.

Au Sénégal, relativement peu de travaux scientifiques ont été effectués sur ces végétaux. Seuls SOURIE, BODARD, MOLLION et DANGEARD, ont réalisé un inventaire et donné une première répartition des espèces rencontrées sur nos côtes.

### 1. REPARTITION DES ALGUES

#### 1.1. FACTEURS DE REPARTITION

##### - Nature du fond :

Le Sénégal dispose d'un large plateau continental, dont la côte sud en partie rocheuse (DOMAIN, 1977) est peuplée par une flore marine assez originale (BODARD, 1971 ; BODARD et MOLLION,, 1974) qui comprend les algues et des **herbes** marines (DANGEARD, 1952 ; SOURIE, 1954 ; BODARD, 1966).

La côte sud de la presqu'île du Cap-Vert et la Petite Côte peuvent être grossièrement divisées en deux zones :

- . une bande côtière large de 2 km (0 à 2 m) constituée de fonds sableux,
- . une bande allant des fonds de 2 m à 10 m, large de 12 km, **rocheuse**, où prolifèrent les algues.

##### - Profondeur :

Les variations de la distribution des principales espèces en fonction de la profondeur ne sont pas très marquées, sauf en ce qui concerne *Dictyopteris* et *Hypnea*. Une des espèces d'*Hypnea* (*Hypnea musciformis*) se trouve entre 2 et 5 m et une autre (*Hypnea ceramioïdes*) n'est présente qu'entre 5 et 8 m.

- Facteurs climatiques :

La répartition des algues dans la prairie sous-marine est très variable ; elle change en fonction des facteurs climatiques donc des saisons. On y distingue des espèces présentes toute l'année en grande quantité et d'autres à végétation saisonnière (MOLLION, 1975).

- Configuration de la côte :

Des observations aériennes ont montré que les dépôts d'algues sont localisés au sud des promontoires avec une dérive générale sud.

## 2 . C O M P O S I T I O N   Q U A L I T A T I V E D E S   D E P O T S

L'échouage des algues est très variable dans le temps aussi bien en quantité qu'en composition spécifique (voir tableau des dépôts). Ces algues sont souvent mélangées à du sable (20 à 40 % du poids total). Il existe deux grandes zones de dépôts d'algues le long de la Petite Côte :

- La première au Cap-Vert représentée à  
  . Ngor par *Ulva lactuca* et *Sargassum* sp.  
  . Hann par *Ulva lactuca*, *Codium* sp. et *Anatheca* sp.  
  . Thiaroye par *Cladophora* sp, *Ulva lactuca*, *Aghardiella tenera* et moins souvent *Bryopsis* sp.

- La seconde zone entre Mbour et Joal avec quelques espèces dominantes : *Hypnea musciformis* et *H. cervicornis*, parfois *Codium* sp., *Sargassum* sp. et une phanérogame (*Cymodocea nodosa*).

Trois algues ; *Ulva*, *Hypnea*, *Cladophora*, constituent le plus souvent 80 à 90% des dépôts.

## 3 . E S T I M A T I O N   Q U A N T I T A T I V E D E S   D E P O T S

La quantité des ressources algales disponibles est difficile à estimer, l'opération nécessitant des moyens matériels et humains importants (GRENAGER; 1966 ; MOLLION, 1975 ; COON, 1981, GENDRON, 1983).

Dans notre étude, cette détermination a été effectuée par des sorties le long de la côte entre Dakar et Fadjout à partir des stations choisies selon les indications obtenues par les observations aériennes, (Fig. 1). Une prospection par mois a été réalisée pendant toute l'année.

L'échouage des algues a lieu pour la plus grande partie entre décembre et juillet, donc pendant huit mois .

Toutes les quantités exprimées dans cette étude sont données en poids sec sans sable.

La biomasse instantanée totale estimée en un jour donné peut aller jusqu'à 500 tonnes. Les plus grands dépôts ont été observés entre Joal et la Pointe Senti, où nous avons noté des tas de 100 tonnes d'algues.

Le renouvellement des dépôts n'ayant pu être déterminé par notre étude, leur fréquence a été fixée à 15 jours, temps qui correspond à la période entre deux grandes marées. La production annuelle varie entre 1100 tonnes en 1983 et 9700 tonnes en 1982. MOLLION (comm. pers.) a estimé la production en 1981 à 15000 tonnes d'algues. Cette variabilité de la quantité annuellement disponible est liée à de nombreux phénomènes.

Les estimations de MOLLION, correspondent à 10 kg par mètre linéaire tout le long de la plage entre Dakar et Fadjout (112 km) pendant huit mois de l'année avec un renouvellement de 15 jours. Cette estimation de 15000 tonnes nous paraît un peu surévaluée malgré les variations auxquelles la production peut être sujette. A notre avis, la quantité maximale d'algues annuellement disponible sur les plages, serait plutôt comprise entre 10000 et 15000 tonnes, mais probablement plus proche de 10000 tonnes même en année d'upwelling intense.

Les variations de la production algale sont liées à la croissance de ces végétaux, à leur arrachage et aux phénomènes qui les régissent ( JACKSON, 1977 ; BENZ, 1979 ; HANISAK, 1979 ; FORTES et LUNING, 1981 ; GERARD, 1982 ; O'NEAL et PRINCE, 1982).

En outre, au cours de notre étude, nous avons remarqué qu'il existait une relation nette entre les quantités échouées et les conditions hydroclimatiques. Ainsi , pendant l'année 1982, où l'upwelling a été intense sur les côtes sénégalaises (fig. 2), la quantité d'algues observée en Février et Mars (900 t) est

supérieure à celle déterminée au cours de ces mêmes mois en 1983 (200 t) année durant laquelle, l'**upwelling** a été très peu marqué. Ce phénomène peut s'expliquer aisément dans la mesure où **la** croissance des algues est fortement liée à la richesse du milieu (GERARD, 1982) et qu'un upwelling intense correspond à la remontée d'eaux froides (15 à 16°C), riches en éléments nutritifs (20 à 22  $\mu$ atg de nitrates) alors qu'un **upwelling** faible *ne* provoque qu'un enrichissement médiocre.

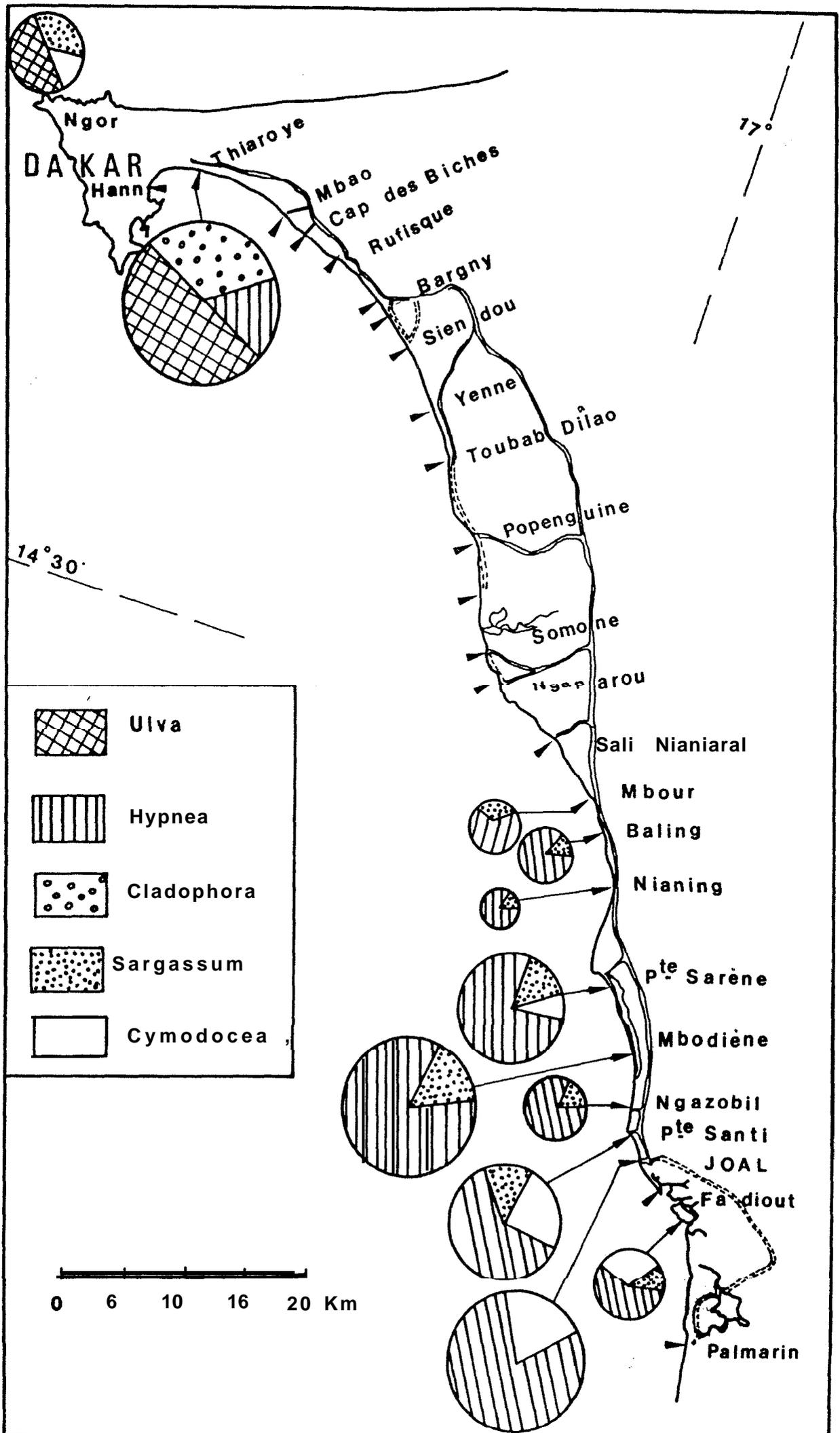


Fig. 1.- Carte des stations.

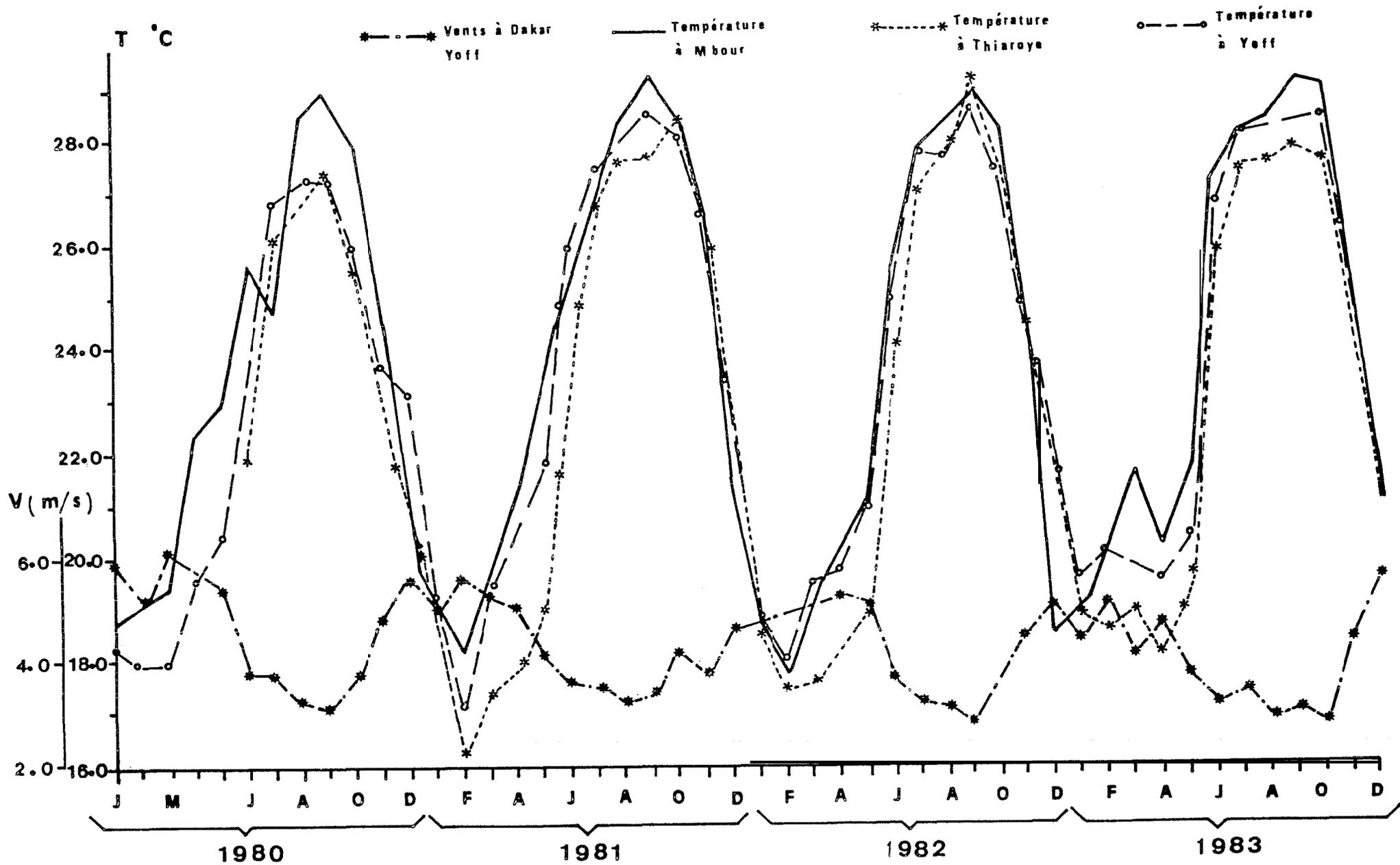


Fig. 2.- Courbes de températures au niveau des stations cotières et de vents à Dakar-Yoff.

TABLEAU 1

TONNAGE DES DÉPÔTS D'ALGUES

NOTATIONS DU TABLEAU

Abréviations :

ag : Agardhiella	gr : Garcilaria
an : Anatheca	hy : Hypnea
ca : Caulerpa	la : Laurencia
co : Codium	sa : Sargassum
cy : Cymodocea	sp : Spiridium
cl : Cladophora	ul : Ulva

Composition spécifique :

Deux exemples :

1) hy 60 60 % Hypnea ; Caulerpa et Sargassum à égalité (20 %)  
ca, sa pour 'le reste.

2) hy abondances égales (1/3) des trois espèces.  
co  
cy

Tonnages :

Exprimés en tonnes de poids sec.

ξ : moins de 10 kg, mais non nul.

Moyenne :

Moyenne (sur les log. népériens).

Les stations entre Mbour et Mbao ne figurent pas dans le tableau parce que les dépôts qui y sont observés sont souvent très faibles (moins de 10 kg sec).

	12/1/82	16/2/82	24/3/82	10/2/83	15/3/83	27/4/83	7/6/73	13/7/83
Thiaroye	14,4 hy	54,6 cl ul	3,00 cl 80 ul					€
Mbao	0					€ hy		€ co
Mbour	1,8 hy		0,95 hy	0,04 hy		€ hy	0,01 hy 80 sp,ul	0,03 hy 65 cy
Baling	0,06hy			0,01 hy	€ hy co cy	0,10 hy	0,02 hy 80	1,10 hy 70 cy,co
Nianing	0					0,05 hy	€ hy	0,30 hy
Pte Sarène	0	0,28 hy	2,8 hy	0,06 hy	0,25 hy 45 cl 45 co 10	0,04	0,01 hy,cy co	7,0 hy 90 co
Mbodienne							2,1-7,5 cy hy	€ hy cy
Ngazobil	0,23 hy					0,10 hy 50 cy,cl	0,10 cy hy	
Pte Santi	0,44 hy	108(?) hy	400(?) hy	1,92 hy	53,0 hy 90 cl,cy	26,2 hy 60 cy,ci	22,5 gr hy	1,7 hy cy
Joal	1,32 hy	324 hy		64 hy	80(?)hy 90		0,84 cy	0,45 cy 80 la,sa
Fadiouth				3,4 hy				0,30 cy
Palmarin					€ hy cy			
<b>TOTAL</b>	<b>18,25 €</b>	<b>486,88 €</b>	<b>406,75 €</b>	<b>69,43 €</b>	<b>133,25 €</b>	<b>26,49 €</b>	<b>28,47 €</b>	<b>10,61 €</b>

	10/8/83	8/9/83	25/10/83	22/11/83	28/12/83	10/2/84	MOYENNE
Thiaroye							13,3
Mbao	0	0	ε ul		0,30 ul		ε
Mbour	0,03 hy 80 sa,an	0,5 hy sa	ε hy sa cy	0,30 hy sa	0,20 hy 90 sa	ε cl 75 hy	0,06
Baling	0,24 hy	0,01 hy sa		ε hy		0,15 hy 90 gr,sa	0,07
Nianing	ε cy	0,01 hy sa,co			3 hy,sa		0,025
Pte Sarène	0,17 hy 90 cy	0,42		0,37 hy sa	0,24 hy sa		0,29
Mbodienne							4(?)
Ngazobil	hy	0,01	ε hy,sa				0,07
Pte Santi	0,04 hy ul			0,10 hy 90 sa	0,01 hy	0,60 hy cl	2,45
Joal	0	0,68 cy		0,67 hy	4,71 hy	0,50 hy	3,93
Fadiouth	0,17 hy 90 cy	ε cy,hy an		ε sp	0,42 cy	ci	0,52
<b>TOTAL</b>	0,65 t 0,65 t	1,18 t 1,18 t		1,17 t 1,17 t	6,43 t 6,43 t	1,25 t 1,25 t	

## A.II.- COMPOSITION CHIMIQUE DES ALGUES

Dans notre étude, nous nous sommes limités à déterminer la composition en azote, phosphore et potassium (N, P, K) des trois algues (*Ulva*, *Hypnea*, *Cladophora*) que nous avons utilisées dans la plupart des essais culturels.

### 1 . M E T H O D E S

#### 1.1. DOSAGE DE L'AZOTE (N) PAR ANALYSEUR CHN PERKIN ELMER 2400

##### - Principe de l'analyseur CHN :

L'échantillon subit une combustion à 950°C pour être transformé en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O et azote. Les gaz ainsi obtenus sont véhiculés au détecteur par un courant d'hélium très pur. La détection est basée sur la mesure de la conductibilité thermique différentielle des gaz obtenus et de l'hélium avant et après piègeage.

#### 1.2. DOSAGE, DU PHOSPHORE (P) PAR AUTO-ANALYSEUR TECHNICON

##### - Principe de l'auto-analyseur Technicon :

Avec cet appareil, le dosage des échantillons est entièrement automatisé grâce à une pompe péristaltique qui assure les prélèvements et les passages des différentes solutions dans l'ensemble du circuit.

Les différents réactifs utilisés circulent constamment dans le système au cours de l'analyse. Ces réactifs sont ajoutés à l'échantillon dans l'ordre chronologique normal et en proportions adéquates par un système de tuyaux de débits variables monte selon les besoins du dosage, le mélange des réactifs et de l'échantillon est assuré par de petites bulles d'air introduites dans le circuit. Des bobines en verre de longueur variable permettent de développer la coloration. La suite de l'analyse s'effectue en colorimétrie classique,

### 1.3. DOSAGE DU POTASSIUM (K) PAR SPECTROPHOTOMETRE DE FLAMME

- Principe du spectrophotomètre de flamme :

La solution contenant l'élément à analyser est pulvérisée dans une flamme : le solvant s'évapore et les sels sont dissociés en atomes qui sont excités par l'énergie thermique de la flamme. Le retour des atomes à leur état fondamental s'accompagne de l'émission d'une radiation lumineuse caractéristique du potassium et dont l'intensité dépend de sa concentration. Le flux lumineux est mesuré au photomultiplicateur et un système de filtres interférentiels ou de fenêtres permet de sélectionner la longueur d'onde optimale.

## 2. R E S U L T A T S

Les résultats que nous donnons sont des moyennes sur trois échantillons prélevés à des moments et des lieux parfois différents.

Composition moyenne (chiffres soulignés)  
en % du poids sec et écart type

ALGUES	<i>Ulva.</i>	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>
N	<u>1.39</u> 0.94	<u>2.94</u> 0.75	<u>2.51</u> 0.59
P	<u>0.14</u> 0.01	<u>0.27</u> 0.03	<u>0.27</u> 0.04
K	<u>1.31</u> 0.98	<u>0.86</u> 0.39	<u>4.46</u> 0.34

## 3. D I S C U S S I O N

Ces résultats indiquent des variations importantes dans la teneur en azote et potassium des différentes algues. L'écart type étant largement supérieur à l'erreur due à la méthode qui est de 0,05, il est donc probable que ces variations sont dues à d'autres facteurs.

Ainsi, nous avons noté des variations de la composition chimique d'une algue donnée suivant le lieu de ramassage. En effet, l'analyse d'*Hypnea* dessalée ramassée en trois points différents a donné les résultats suivants :

Composition chimique en % du poids sec

ELEMENTS STATIONS	N	P	K
Joal	1,98	0,23	1,15
Pointe Sarène	3,22	0,26	0,60
Mbour	3,75	0,30	1,25

Nous observons une augmentation des teneurs en phosphore et azote du Sud vers le Nord ; ce phénomène pourrait être lié à un enrichissement différent des eaux suivant les zones. De nombreux auteurs ont remarqué des variations de composition semblables dans différents pays à travers le monde : (SAUVAGEAU, 1920 ; BESNARD, 1948 ; GAGNE *et al.*, 1982 ; MUNDA *et al.*, 1982 ; PARKER, 1982). Ces variations de composition suivant la localisation géographique peuvent être illustrées par la comparaison entre *Ulva* du Sénégal et celle de Porto Rico (tabl. 2) ; on note que *Ulva* du Sénégal est plus pauvre en azote mais plus riche en phosphore et potassium.

En outre, les variations de la composition peuvent venir du fait que nos échantillons ont été pris sur des dépôts d'algues échouées. De ce fait divers facteurs sont alors ignorés :

l'âge, l'environnement dans lequel l'algue a poussé, la durée de son séjour dans l'eau après arrachage. (YAMAMOTO, 1972 ; SUMITRA-VIJAYARA GHARVAN *et al.*, 1980 ; PARKER, 1981 ; O'NEAL et PRINCE, 1982). Les différences observées, viendraient également du fait que nos échantillons contenaient pour chaque genre, des proportions variables d'espèces différentes. DIAZ PIFERRER (1979) a montré (tabl. 2 et 3) qu'il pouvait exister à l'intérieur d'un même genre, des variations importantes de composition suivant l'espèce.

Cependant, malgré toutes les variations de composition auxquelles elle est sujette, l'algue reste une matière organique assez riche notamment en éléments majeurs pour l'agriculture et les teneurs en N, P, K, sont souvent supérieures à celles de nombreux fertilisants organiques actuellement très utilisés (cf. tabl. suivant).

Composition chimique en% (anonyme in RODALE, 1975)

MAT. ORGANIQUES ELEMENTS	ALGUES	FUMIER: de BETAIL	FUMIER de CHEVAL	FUMIER d e MOUTON	FUMIER de PORC	FIENTES de POULES	FIENTES de CANARD	COQUES D'ARA- CHIDE
N	1,60	0,29	0,44	0,55	0,60	1,63	1,12	0,80
P	0,75	0,17	0,17	0,31	0,41	1,54	1,44	0,15
K	4,93	0,10	0,35	0,15	0,13	0,85	0,49	0,50

Ce tableau montre que seules les fientes de volailles contiennent autant d'azote et plus de phosphore que l'algue parmi les fertilisants étudiés ; les fumiers et la coque d'arachide ayant des teneurs plus faibles en ces trois éléments. L'algue contient jusqu'à dix fois plus de potassium que les fientes de poules qui sont les plus riches parmi les autres fumures organiques présentes.

En plus des éléments majeurs pour l'agriculture, les algues contiennent d'autres composants minéraux (oligoéléments) et organiques (colloïdes), des vitamines, des hormones, etc... qui peuvent eux aussi avoir une influence sur les cultures (tabl. 4) (DHARGALKAR et *al.*, 1980 ; KOICHI, 1981 ; NIELL et MOURIÑO, 1981).

Certains oligoéléments notamment le calcium et le magnésium sont nécessaires aux plantes, d'autres comme le bore et l'aluminium sont plutôt néfastes à certaines concentrations (DUTIL et JUSTE, 1964). Quant aux colloïdes organiques, outre le rôle physique qu'ils jouent dans le sol, ils ont en général un grand pouvoir d'échangeur d'ions qui leur permet de fixer les cations ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ) et ainsi d'augmenter la réserve minérale du sol (KIRSCH, 1983). Leur hygroscopie contribue aussi à l'amélioration de la rétention d'eau par le sol (ABETZ, 1974). La présence de mannitol dans les algues (CHENNUBOTLA et *al.*, 1982), favorise la croissance des végétaux supérieurs (BOOTH, 1969 ; KALIMUTHU et *al.*, 1980).

La présence de substances de type hormonal comme les cytokinines, les auxines, les gibberellines, etc... (AUGIER, 1976 ; LEFEBVRE, 1982), active la croissance végétale, mais du fait de leur voie d'action en général foliaire ces substances présentent peu d'intérêt dans le cadre de notre étude.

En conclusion, on peut dire, que du fait de leur composition chimique, les algues peuvent être des fertilisants très efficaces. Outre le rôle physique qu'elles peuvent jouer en tant qu'amendement, elles apportent aussi bien les éléments majeurs que mineurs aux sols sur lesquels elles sont épandues.

Tableau 2.- Analyse minérale de 10 espèces de chlorophycées de Puerto Rico  
(DIAZ-PIFERRER, 1979) en mg/g

ALGUES	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe
<i>Enteromorpha flexuosa</i> **	10.6	0.71	5.52	0.69	19.33	0.13	2.85
<i>Caulerpa prolifera</i> *	27.5	1.74	0.07	0.23	8.29	3.84	1.20
<i>Caulerpa sertularioides</i> *	39.0	2.33	0.76	6.15	11.17	2.09	0.43
<i>Caulerpa taxifolia</i> **	37.2	2.70	0.18	0.66	21.39	4.17	0.51
<i>Cladophoropsis</i> <i>membranacea</i> **	13.9	0.70	1.48	10.01	20.69	5.27	0.90
<i>Codium decorticatum</i> "	15.8	0.91	5.55	9.69	11.97	4.51	0.25
<i>Cymopolia barbata</i>	9.6	1.10	12.78	6.45	71.86	3.65	1.18
<i>Halimeda discoidea</i>	23.9	1.53	0.15	0.87	31.31	0.21	0.25
<i>Udotea flabellum</i>	24.5	1.15	0.46	1.50	80.59	1.83	0.23
<i>Ulva lactuca</i> **	29.9	1.24	0.63	0.37	2.94	9.35	0.46

Tableau 3. - Valeurs minérales de 6 espèces de Rhodophycées et de trois espèces de phaeophycées de Puerto Rico (DIAZ-PIFERRER, 1979) en mg/g

ALGUES	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe
<i>Aggrahiella tenera</i> **	20.5	1.13	16.51	0.9	19.02	8.39	1.03
<i>Acanthophora muscoides</i>	22.7	1.02	16.03	5.98	66.59	9.65	0.50
<i>Chondria littoralis</i>	24.6	0.81	7.17	1.73	19.96	3.34	0.20
<i>Gracilaria debilis</i> *	15.2	1.06	53.94	7.15	1.22	2.15	0.10
<i>Gracilaria domingensis</i> *	16.6	4.00	85.96	4.57	4.20	4.80	0.81
<i>Hypnea musciformis</i> **	20.5	1.50	5.50	9.43	19.57	7.76	0.74
<i>Dictyopteris justii</i> *	18.8	1.20	3.69	5.65	7.44	4.03	2.37
<i>Sargassum platycarpum</i> **	8.5	1.39	46.51	5.65	23.86	9.95	1.04
<i>Sargassum polyceratum</i> **	11.4	0.70	2.16	0.92	40.06	0.85	0.57

\*\*Espèces communes au Sénégal et à Puerto Rico\*\*

\*Genres communs au Sénégal et à Puerto Rico

Tableau 4.- Les oligoéléments dans quelques algues du Japon par YAMAMOTO et al (197)  
concentration  $\mu\text{g/g}$ .

ELEMENTS ALGUES	B $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Na $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Mg $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	Al mg	Si mg	P mg	K mg	Ca mg	Ti $\mu\text{g}$	V $\mu\text{g}$	Cu $\mu\text{g}$	Mn $\mu\text{g}$	Fe $\mu\text{g}$	Co $\mu\text{g}$	Ni $\mu\text{g}$	Cu $\mu\text{g}$	Zn $\mu\text{g}$	Ca $\mu\text{g}$	Sr $\mu\text{g}$	Mo $\mu\text{g}$
<i>Ulva sp</i>	65	1.000	26	5.559	5.230	800	1700	8030	33.1	3.32	0.95	97	609	0.75	1.57	13.1	62	0.17	218	0.29
		a	a	a		a	a	a	a		a		a	a	a	a	a			
		3.600	36	1.010		1450	5100	8300	30.3		1.21			764	0.80	2.84	21.1	138		
<i>Codium sp</i>	17	66.600	11	0.717	0.	1500	25800	8600				52	591	0.68	2.08		164	0.17		
	a		a	a		a		a	22.9	1.72	2.53	a	a	a	a	27.7	a	a		0.09
	83		15	1.650		2800		11400				299	1330	1.52	2.09		332	0.20		
<i>Sargassum sp</i>	65	2.700	7	0.1	0.	200	3700	16400	5.7	0.74	0.52	4	75	0.27	0.54	6.1	1	0.09	1740	0.18
	a	a	a	a		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	165	8.750	17	1.3		1200	20900	29200	36.9	3.11	2.83	38	885	1.70	5.54	17.1	232	0.27	2360	0.54

## A. II 1- ETUDE DE LA DECOMPOSITION DES ALGUES DANS LE SOL

La décomposition de la matière organique permet la libération des éléments nutritifs qu'elle contient et leur utilisation par les plantes lors d'une fertilisation des sols (FELLER et *al.*, 1981 ; FELLER et GANRY, 1982 ; MANN, 1975 ; RICE et TENOKE, 1981 ; TIESSEN et STEWART, 1983).

Nous avons étudié l'évolution des algues dans le sol pendant près de 90 jours dans le but d'expliquer certaines observations notées dans les essais culturaux. Deux méthodes ont été utilisées à cet effet : une approche à partir d'algues marquées et une autre à partir d'algues brutes,

### 1. METHODE PAR ALGUES MARQUEES

#### 1.1. CONDITIONS EXPERIMENTALES

##### 1.1.1. Marquage :

*Hypnea* et *Ulva* jeunes avec leur support sont ramassées dans 20 cm d'eau et conservées dans l'eau de mer à température ambiante pour le transport. Un bullage vigoureux à l'air est ensuite effectué pour les aérer, puis elles sont transférées dans des bocaux en verre de 3 litres et mises en incubation en lumière indirecte pendant trois jours. Les algues qui sont encore vivantes au bout des trois jours sont utilisées pour le marquage qui est réalisé de la manière suivante :

- dans les bocaux contenant 3 litres d'eau de mer, on rajoute 1 ml d'une solution à 485 mg de  $\text{KN}_3$ , 54 mg de  $\text{NaHPO}_4\text{H}$ , 12  $\text{H}_2\text{O}$  et 20,4 mg de  $\text{KPO}_4\text{H}_2$  afin d'enrichir le milieu puis, 2 ml d'une solution de  $\text{NaH}^{14}\text{CC}_3$  à 10  $\mu\text{Ci/ml}$ . Le marquage est arrêté au bout de 15 jours. Les algues toujours vivantes (reconnaisables à leur couleur et au dégagement gazeux dans l'eau) sont rincées à l'eau de mer et séchées à l'étuve à 65°C, puis broyées.

##### 1.1.2. Expérimentation :

Des échantillons de 0,38 g d'algues ainsi traitées sont mélangés à 115 g de sol, dose équivalente à 5 tonnes d'algues par hectare.

Le mélange est mis dans un erlenmayer en verre de 500 ml hermétiquement fermé. Le CO<sub>2</sub> dégagé lors de la décomposition des algues est recueilli dans une fiole à scintillation liquide contenant 3 ml d'éthanolamine (base organique de piégeage) qui imbibe un filtre plissé permettant une plus grande surface de contact. La fiole est maintenue au dessus du mélange algues-sol arrosé, grâce à un fil en nylon coincé par le bouchon de l'erlenmayer. Le dispositif de captage de CO<sub>2</sub> est remplacé périodiquement (schéma 1). Le <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> ainsi recueilli est dosé au compteur à scintillation liquide (Philips PW 4700), après ajout de liquide scintillant. Pour chaque algue, l'expérience a été effectuée trois fois.

## 1.2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Avec cette méthode, seules deux algues parmi les trois que nous avons utilisées dans nos essais culturels ont pu être étudiées : *Ulva* et *Hypnea* ; pour *Cladophora*, nous n'avons pas pu faire le marquage, faute d'un échantillon vivant.

Les résultats de cette expérience sont donnés à la figure 3. L'évolution au cours du temps est la même pour les deux algues. Le dégagement de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> est maximal au bout d'une semaine et est presque stable à partir d'un mois ; avec *Hypnea*, nous observons un autre maximum de dégagement vers un mois et demi. Ces résultats montrent que la plus grande quantité de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> marqué se dégage dans la première semaine et se poursuit jusqu'à un mois. A deux mois, presque 90 % du carbone marqué est récupéré et ceci pour les deux algues.

De même, on remarque d'après ces courbes qu'*Hypnea* se décompose plus lentement qu'*Ulva*, car à un mois et demi elle provoque encore un dégagement important. Entre 35 et 90 jours, le dégagement de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> avec *Hypnea* est plus élevé, alors qu'il est plus faible que celui d'*Ulva* au cours du premier mois. Cette légère variation dans la décomposition au cours du temps, s'expliquerait par des différences de structure et de composition moléculaire des deux algues. De même, l'étendue et de l'uniformité du marquage peuvent être une cause de variation (*Ulva* donne un nombre de coups par minute (cpm) plus élevé qu'*Hypnea*). En fait, ces mesures nous renseignent plus sur la dégradation des parties marquées de l'algue que sur sa décomposition globale. Cependant, cette méthode de suivi par récupération du <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> marqué est très précise : tout le CO<sub>2</sub> ainsi dosé provient uniquement de l'algue, le CO<sub>2</sub> du sol ou de l'air ne pouvant pas contaminer l'échantillon.

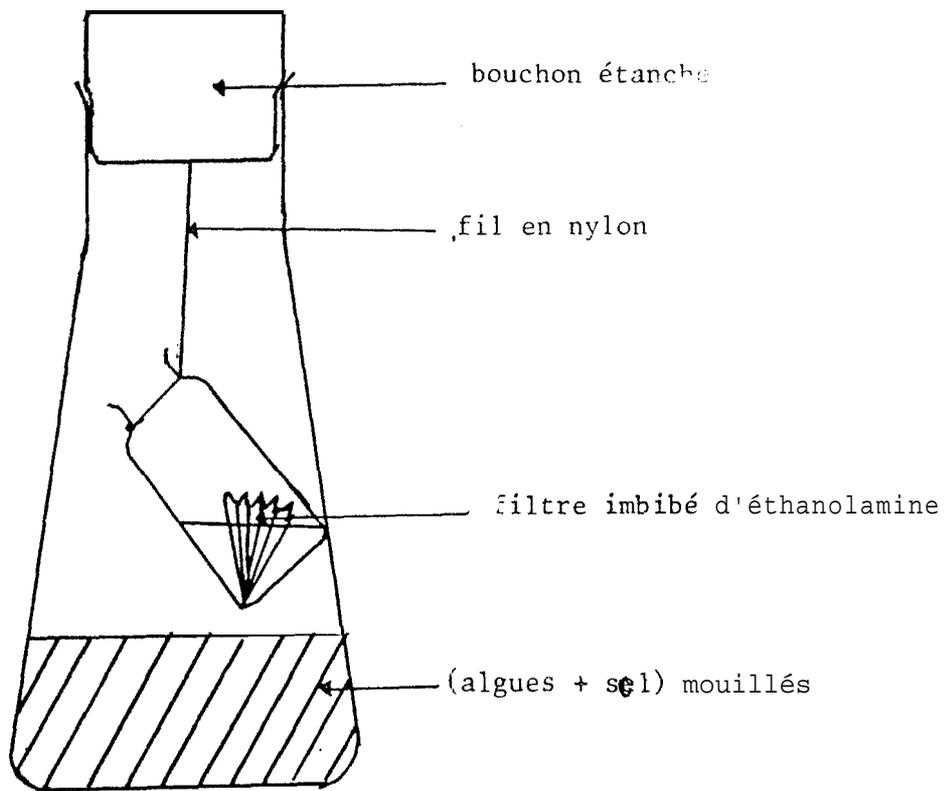


Schéma 1 : Captage du CO<sub>2</sub> marqué

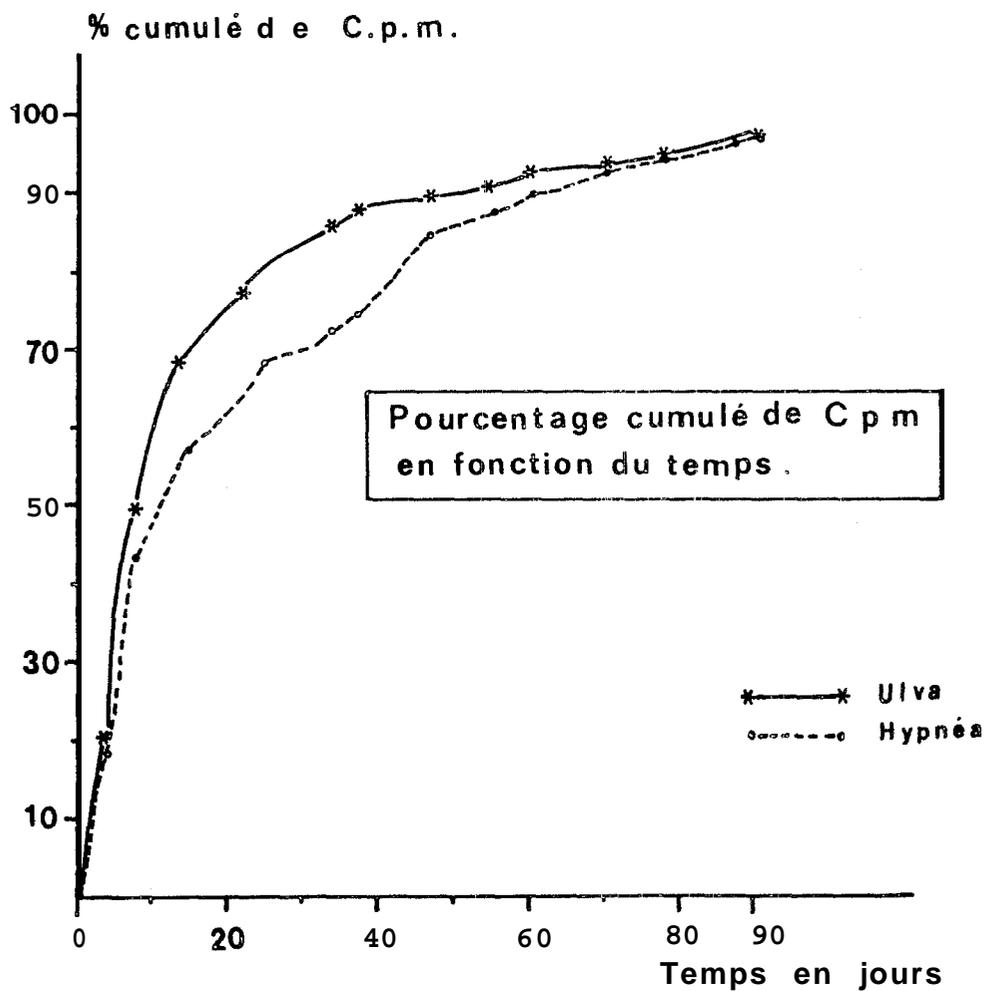
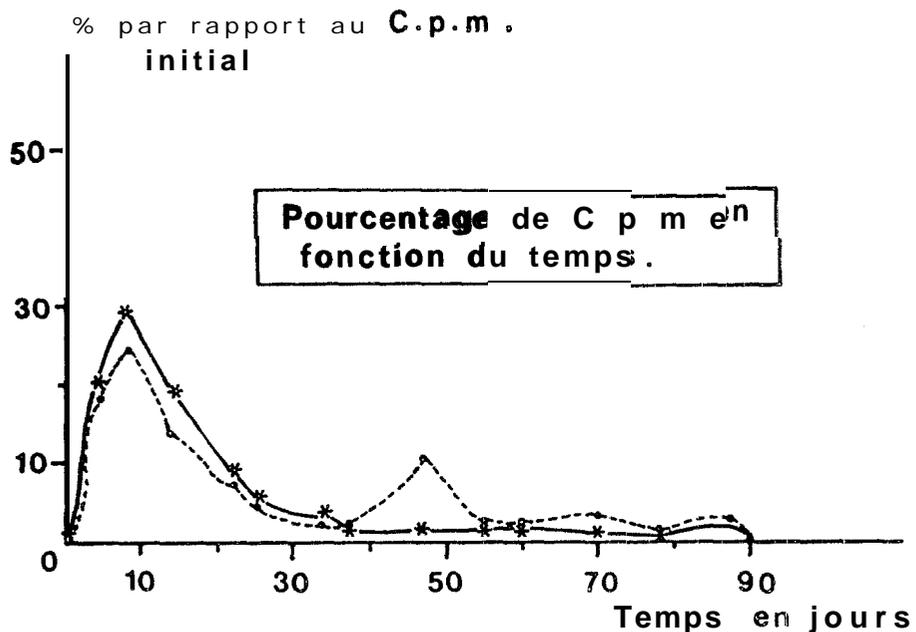


Fig. 3.- Suivi de la décomposition des algues marquées.

## 2. METHODE PAR ALGUES BRUTES

### 2.1. RAPPEL DU BUT DE LA METHODE

Une matière organique enfouie dans un sol humide, subit par l'action des microorganismes, une dégradation progressive. La méthode de FELLER permet de suivre les différentes étapes de son évolution depuis la dimension macroscopique (> 2mm) jusqu'à sa disparition.

### 2.2. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Cette expérience a porté sur *Ulva*, *Hypnea* et *Cladophora* séchées et réduites en petits fragments d'environ 1 cm. Ces algues sont mélangées à du sol dans des pots de 20 litres à la dose de 5 tonnes d'algues par hectare. L'ensemble est arrosé quotidiennement à 5 n-un par jour et des prélèvements d'environ 300 g sont effectués périodiquement. Les échantillons ainsi recueillis sont traités par la méthode de FELLER (FELLER, 1976) modifiée par REVERSAT (REVERSAT, comm. pers.) selon le schéma 2.

Pour chacune des fractions, le sable et les matières légères sont séchés et pesés, de même que la fraction supérieure à 2 mm et les limons.

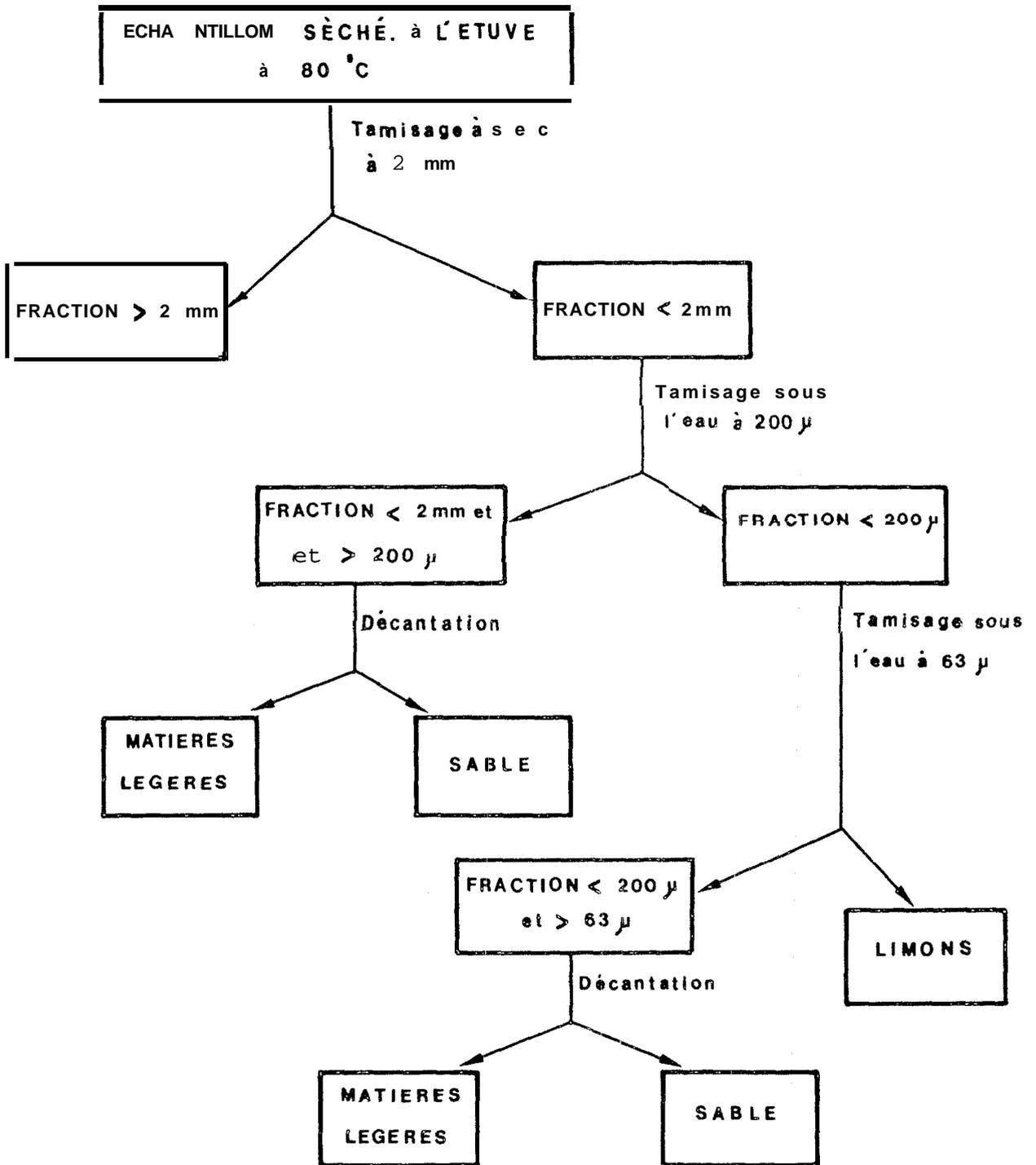
### 2.3. RESULTATS ET DISCUSSION

Au début, la fraction supérieure à 2 mm est essentiellement constituée par les algues ; les matières légères des différentes fractions constituent la matière organique non dissoute de ces fractions. Ainsi, par l'intermédiaire de ces trois résultats, nous pouvons suivre la dégradation des algues à différentes étapes. Les résultats de cet essai sont donnés à la figure 4.

#### - Fraction supérieure à 2 mm :

Dans cette fraction, *Ulva* et *Hypnea* se décomposent rapidement à partir d'une semaine, alors que *Cladophora* ne se dégrade qu'à un mois. Avec *Hypnea* et *Ulva*, la plus grande partie de cette fraction disparaît à un mois et demi, alors qu'elle subsiste jusqu'à environ deux mois avec *Cladophora*. La disparition de la fraction supérieure à 2 mm est légèrement plus rapide avec *Ulva* qu'avec *Hypnea*, ce qui confirme les résultats de la première méthode (algues marquées), concernant la vitesse de décomposition.

# METHODE FELLER REVERSAT



SCHEMA 2

La réaugmentation de cette fraction vers 65 jours pour les trois algues s'explique par la prolifération de moisissures qui se sont mélangées et agglomérées avec le sable et les algues.

- Matières légères :

Les matières légères (fractions comprises entre 2mm et  $63\mu$ ) montrent une augmentation à partir d'une semaine pour les trois algues. Pour *Ulva* et *Hypnea* le maximum est observé à un mois, moment à partir duquel commence une très forte diminution. Pour *Cladophora*, la baisse ne commence que vers 50 jours. Ces différentes observations, nous montrent qu'*Hypnea* et *Ulva* se décomposent plus rapidement que *Cladophora*.

Cependant, on constate qu'avec *Cladophora*, l'augmentation des matières légères pour les deux fractions commence en même temps que celle avec *Ulva* et *Hypnea*. Ceci s'expliquerait par le fait que la décomposition des petites fractions de cette algue s'effectue plus rapidement que son fractionnement.

Cette méthode nous renseigne donc sur la décomposition globale de l'algue.

Elle montre que les algues n'enrichissent pas le sol en matières légères (voir courbes d'évolution des matières légères) et un dosage de l'humus dans les limons et les argiles nous aurait renseigné sur le devenir des matières légères disparues (constituent-elles de l'humus ou sont-elles transformées en carbone dissous ?).

### 3. CONCLUSION

Les deux méthodes de suivi des algues sont complémentaires : celle par les algues marquées nous donne la cinétique d'évolution des algues jusqu'à leur transformation en matières organiques dissoutes et celle de FELLER-REVERSAT, leur évolution par étapes.

Les deux méthodes montrent qu'*Hypnea* et *Ulva* se décomposent à partir d'une semaine mais qu'*Ulva* évolue plus rapidement par la suite.

Avec la méthode de FELLER-REVERSAT, il n'y a pas de différence entre *Ulva* et *Hypnea* entre 35 et 90 jours, ce qui montre que la méthode par algues marquées est plus sensible.

Ces résultats expliquent pourquoi *Hypnea* est plus efficace que *Cladophora* sur certaines cultures et l'augmentation des récoltes de patate douce entre 100 et 110 jours plus importante avec *Cladophora* qu'avec *Ulva* ou *Hypnea*.

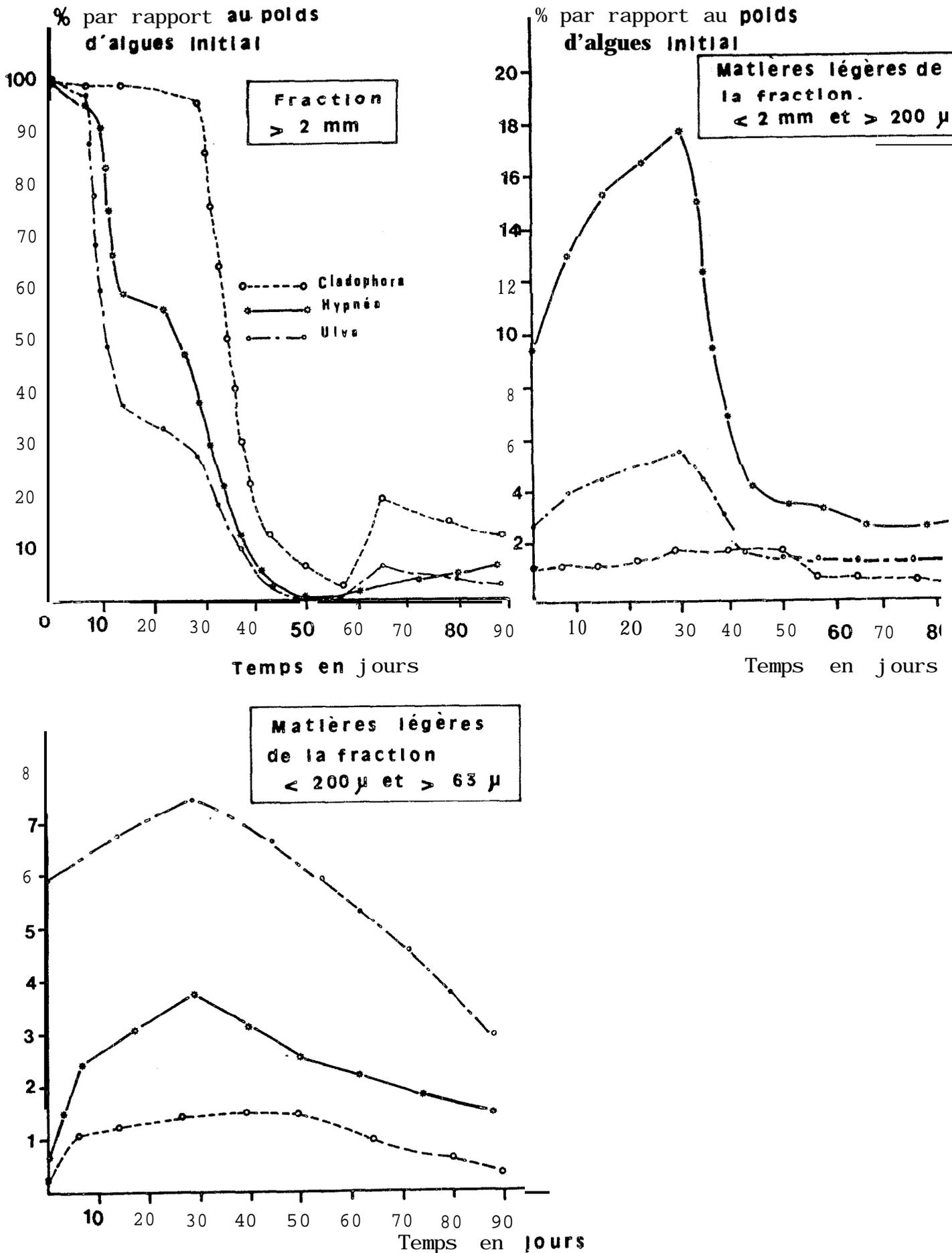


Fig. 4.- Suivi de la décomposition des algues par la méthode Feller-Reversat.

## A, IV - L E S E L

Par leur épandage, les algues apportent dans le sol une certaine quantité de sel. Aussi, du fait de la faible pluviométrie de ces dernières années, le lessivage des sols ainsi fertilisés peut poser quelques problèmes. Pour cette raison, une étude du sel. et de son devenir dans le sol nous a paru indispensable.

### 1. T E N E U R E N S E L D E S A L G U E S

L'intérieur de l'algue n'est pas salé, mais l'eau de mer adsorbée à la surface, en s'évaporant y laisse tous les sels initialement dissous.

Ainsi, pour le dosage de la quantité totale de sel apporté par les algues, nous avons effectué une extraction du sel par rinçage de l'algue à l'eau douce ou de mer en une ou plusieurs fois.

#### 1.1. PROBLEMES POSES PAR LA MESURE

##### 1.1.1. Conductivité :

La conductivité dose tous les ions en solution. De ce fait, la quantité de sel déterminée par cette méthode est supérieure à celle du chlorure de sodium contenue dans l'algue car l'eau de rinçage entraîne d'autres sels.

##### 1.1.2. Argentimétrie :

C'est le dosage des chlorures par la méthode de Mohr qui permet de quantifier tous les chlorures en solution. Cette méthode dose l'ensemble des chlorures présents dans l'eau de mer (Sodium, potassium, magnésium).

##### 1.1.3. Réfractométrie :

C'est une méthode physique qui, en plus du chlorure de sodium, dose beaucoup d'autres composés de la solution.

Dans notre étude, nous avons utilisé la méthode conductimétrique car elle est plus facile à réaliser que la méthode de Mohr pour une même précision et plus précise que la réfractométrie. Cependant, nos résultats sont tous surestimés par rapport à la quantité de chlorure de sodium réelle pour les raisons données plus haut.

## 1. 2 . EXTRACTION

5 g d'algues séchées à l'étuve sont mélangés à 50 ml. d'eau déminéralisée. L'ensemble est agité pendant deux minutes environ. Puis , on sépare les algues de l'extrait par filtration sur verre fritté sous vide obtenu avec une pompe à main,

Pour les extractions multiples,; on utilise 100 ml d'eau avec 50 ml puis 30 ml et 20 ml.

Le dosage du sel est effectué au salinomètre à induction. L'extrait à doser est mélangé à l'eau de mer dans les proportions de 10 % et 90 % respectivement ,

### 1.2.1. Résultats et discussion :

#### 1.2.1.1. Extraction par un seul lavage :

L'expérience a été menée sur des algues soit brutes, soit broyées, avec de l'eau douce et de l'eau de mer.

Les résultats obtenus sont exprimés dans le tableau suivant :

Quantité de sel extrait en % par rapport au poids sec initial d'algues

EAU DE LAVAGE \ ALGUES	<i>Ulva</i>		<i>Hypnea</i>		<i>Cladophora</i>	
	Brute	Broyée	Brute	Broyée	Brute	Broyée
Eau douce	16,6	17,7	6,9	9,2	18,6	20,7
Eau de mer	12,3	12,7	6,8	6,0	17,3	13,8

L'eau douce extrait sensiblement plus de sel que l'eau de mer et mieux sur les algues broyées.

Les différences observées sont dues à la méthode de dosage utilisée.

En effet, l'extraction par eau douce permet d'entraîner la totalité du sel déposé sur l'algue, plus quelques éléments nutritifs provenant des cellules endommagées du fait de la différence de pression osmotique (HELLEBUST, 1976 ; MAAS et HOFFMAN, 1977 ; MAAS et NIEMAN, 1978 ; GREENWAY et MUNNS, 1980 ; HUQ et LARHER, 1983). Pour cette raison, on obtient avec l'extraction par eau douce, des teneurs en sel supérieures.

Les différences entre algue broyée et algue brute seraient dues au fait que le broyage entraîne une augmentation de la surface de contact eau-algue.

Aussi, pour le dosage du sel par conductimétrie, nous préconisons l'utilisation d'eau de mer pour minimiser les erreurs dues à la méthode.

#### 1.2.1.2. Extraction par lavages multiples :

-- Eau de mer : on extrait le maximum par le premier lavage, et les autres eaux de rinçage n'entraînent que peu de sel. Pour *Cladophora*, un seul lavage donne 13,8 % de sel et trois lavages successifs entraînent 16 % de sel dans l'eau de rinçage finale. Ce qui correspond à une augmentation de 13 % de la quantité initialement extraite.

-- Eau douce : les résultats obtenus par lavages multiples sont présentés dans le tableau suivant.

Le dosage est effectué sur le mélange des eaux de rinçage.

ALGUES	<i>Ulva</i>		<i>Hypnea</i>		<i>Cladophora</i>	
	Brute	Broyée	Brute	Broyée	Brute	Broyée
Pourcentage de sel	17,7	21,2	8,5	9,2	18,2	20,7

Comparé au lavage simple, cette méthode s'avère peu efficace car pour une plus forte quantité d'eau (2 fois) on n'arrive à extraire que 9,2 % de sel en plus par rapport à la première méthode, sur les algues broyées. De plus, d'après ce qu'on a dit du lavage à l'eau douce, cette quantité extraite ne correspondrait pas seulement à du chlorure de sodium mais également à des éléments contenus dans les cellules.

### 1.3. TENEUR EN SEL DES DIFFERENTES ALGUES UTILISEES

Nous avons retenu comme teneur en sel de chacune des algues, celle donnée par l'extraction simple à l'eau de mer sur l'algue brute.

Teneur en sel en pourcentage par rapport au poids sec initial

ALGUES	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
Quantité de sel en %	6,8	12,3	17,3

La plus faible quantité de sel apporté par *Hypnea* s'expliquerait par le fait que cette algue s'égoutte plus rapidement donc perd une bonne partie de l'eau avant évaporation,

## 2 . EFFET DU SEL SUR LE SOL ET LES CULTURES

Dans la plupart des essais culturaux que nous avons effectués, les algues sont utilisées salées et séchées en application sur des sols "Dior". Le sel apporté peut être lessivé par l'eau apportée en cours de culture ; une partie reste dans le sol et l'autre rejoint la nappe phréatique. Ainsi, une utilisation fréquente ou continue des algues peut à long terme, saler les sols et/ou la nappe. Pour cela, nous avons étudié la teneur en sel du sol après un ou plusieurs épandages successifs.

Les quantités de sel apportées selon l'algue et la dose utilisée sont présentées dans le tableau suivant :

Apport de sel en Kg/ha

DOSES EN t/ha	ALGUES	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
2,5		170	307,5	432,5
5,0		340	615	865
7,5		510	922,5	1 297,5
10,0		680	1 230	1 730

2.1. SUIVI DU SEL APORTE PAR LES ALGUES

Les prélèvements ont été effectués dans les sols utilisés pour les différents essais culturaux :

a.- A Cambérène (CDH), la différence entre les parcelles traitées aux algues et les témoins est non significative sur 30 cm de profondeur, et il n'y a pas de salure du sol, la conductivité de l'extrait aqueux 1/5 (un poids d'algues pour cinq poids d'eau) étant inférieure à 1 mmho/cm, limite à partir de laquelle un sol commence à être considéré comme salé (LOYER, comm. pers.).

b.- En milieu rural., la comparaison entre la parcelle traitée avec *Hypnea* et celle traitée avec de la poudre d'arachide et les déchets de poissons après deux campagnes donne les résultats suivants:

FUMURES	CONDUCTIVITE EN $\mu\text{mhos}/\text{c}$ à 20°C		
	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
<i>Hypnea</i>	120	100	96
Poudre d'arachide + Déchets poissons	31	24	34

Ces résultats montrent qu'*Hypnea* apporte quatre fois plus de "sels" que la fumure de comparaison. Cependant, la concentration de sel dans le sol reste en dessous de la salure du sol qui correspond à une conductivité de 1000  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ .

La migration du sel semble nette avec *Hypnea*, la conductivité diminuant de la surface vers la profondeur du sol, tandis que l'évolution est plutôt irrégulière avec la fumure de comparaison. On pense donc qu'avec les algues, il y a plus facilement lessivage du sel dans les sols sableux.

c.- A l'ORSTOM, les prélèvements sur microparcelles après une campagne d'arachide montrent que la quantité de sel diminue de la surface vers la profondeur dans les 30 premiers centimètres. En fin de cycle de culture d'arachide, la quantité initiale de sel est réduite de moitié en surface, la conductivité du sol passant de 295  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$  en début de culture à 125  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$  trois mois après avec *Ulva* et de 415  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$  au début à 103  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$  à la fin avec *Hypnea*.

2.1.1. Suivi du sel avec différentes doses d'algues :

Cet essai a été réalisé à l'ORSTOM dans les cases lysimétriques de 1,44 m<sup>2</sup> contenant 1 m de sol sableux avec *Ulva* à 16,6 % de sel à doses croissantes (voir tabl.). Une détermination du sel est effectuée par conductimétrie sur les eaux récupérées à la base de chacune des buses.

Deux campagnes ont été menées : une première pendant laquelle les buses sont sans végétation sous pluie d'hivernage, une deuxième pendant laquelle des oignons y sont plantés et arrosés (5 mm/jour).

2.1.1.1. Résultats et discussion :

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Dynamique du sel dans les lysimètres

APPORTS D'ALGUES EN t/ha	0	2,5	5, 0	7,5	10,0
Apport de sel en kg/ha par campagne	0	415	830	1245	1660
Sel évacué d'un mètre de sol pendant la campagne en kg/ha	1062	972	1076	1486	2042
Sel évacué d'un mètre de sol pendant la deuxième campagne en kg/ha	1813	1868	2889	2840	3708
Cumul de l'apport de sel des deux campagnes en kg/ha	0	830	1660	2490	3320
Cumul du sel évacué aux deux campagnes	2875	2840	3965	4326	5750
Sel restant dans un mètre de sol en kg/ha	0	865	570	1039	445

Les quantités de sel évacuées par le témoin et les doses de 2,5 et 5 t/ha d'algues sont très proches à la première campagne, A la deuxième campagne, la situation demeure la même pour le témoin et 2,5 t/ha tandis qu'avec 5 t/ha, le sel évacué est deux fois plus élevé.

Ces résultats montrent que jusqu'à 5 t/ha, les quantités de sel apportées lors d'une campagne sont négligeables et peuvent se confondre avec l'hétérogénéité du sol.

En revanche, au delà de 5 t/ha la quantité de sel apportée par les algues commence à devenir plus nette dans le sol.

Les résultats sur le sel restant après les deux campagnes montrent que :

- d'une part, seule la dose de 7,5 t/ha laisse dans le sol une salure supérieure à celle apportée par 5 t/ha. Cependant, la situation reste peu préoccupante même pour cette dose, car le sel restant est moindre que celui évacué par le témoin lors de la première campagne.

- d'autre part, il doit y avoir une salure limite à partir de laquelle le sel migre plus facilement dans le sol, ce qui expliquerait les résultats obtenus lors de la deuxième campagne.

### 3 . DESSALAGE DES ALGUES

On peut envisager deux types de procédés : un lessivage par eau douce, ou une méthode qui permette d'enlever avant son évaporation l'eau de mer adsorbée.

#### 3.1. DESSALAGE PAR LESSIVAGE

Le lessivage des algues peut être effectué de deux façons : soit par immersion dans l'eau douce, soit par aspersion. La première méthode (immersion) est facile à réaliser mais demande beaucoup d'eau douce, ce qui représente un grand inconvénient quand une bonne partie de la population n'arrive pas à satisfaire ses besoins domestiques en eau douce.

Pour cela, la deuxième méthode nous semble plus appropriée car pouvant être réalisée par la pluie.

Nous avons essayé plusieurs épaisseurs d'algues pour optimiser le procédé en prenant en compte différentes pluviométries.

### 3.1.1. Mode opératoire :

Un mélange d'algues (*Ulva* et *Cladophora*) est étalée sur un grillage d'un mètre carré tendu sur un cadre surélevé par quatre briques. Puis une simulation de pluie de différentes importances est réalisée à l'arrosoir. L'eau percolée est alors récupérée et dosée au salinomètre à induction (GRUNDY Model 6230 N).

### 3.1.2. Résultats et discussion :

Les résultats sont donnés à la figure 8 b.

On remarque qu'avec 50 mm de pluie, on peut enlever 43 % du sel initialement contenu sur 10 cm d'algues, 37 % sur 15 cm d'algues et 30 % sur 20 cm d'algues.

Ainsi, plus l'épaisseur est importante et moins la quantité de sel extraite est élevée. On observe cependant, qu'il y a une épaisseur optimale parmi les trois qui sont testées sur les algues : avec l'épaisseur de 15 cm on extrait seulement 9 % de sel en moins par rapport à l'épaisseur de 10 cm, alors qu'on dessale 50 % d'algues en plus, et ceci avec la même quantité de pluie, tandis qu'avec 20 cm, on dessale certes deux fois plus d'algues mais on laisse 13 % de sel en plus. De ce fait, 15 cm nous semble l'épaisseur d'algues optimale pour un dessalage à la pluie.

Le procédé par lessivage peut avoir quelques inconvénients : d'une part, il peut provoquer une perte en éléments nutritifs (White *et al.*, 1981) et de l'autre, il n'est envisageable au Sénégal que pendant une très courte période, qui de plus, ne correspond pas exactement à celle des grands échouages.

## 3.2 EGOUTTAGE SIMPLE

Un kilo d'algues (mélange *Ulva-Cladophora*) est égoutté pendant 4 h 25 mn, temps au bout duquel le poids est à peu près constant. Le poids sec de l'algue est de 40 g, soit 4 % du poids initial. De ce fait, l'algue égouttée contenait initialement 960 g d'eau pour un kilo, soit 33,6 % de sel. La perte de poids totale est de 330 g, soit 11,5 g de sel. De ce fait cette méthode n'enlève que 34 % du sel contenu dans les algues après 4 h 25, si on considère l'évaporation nulle pendant tout ce temps,

### 3.3. DESSALAGE PAR ESSORAGE

#### 3.3.1. Dessalage par centrifugation :

##### 3.3.1.1. Protocole expérimental :

Un échantillon d'algues (mélange *Ulva-Cladophora*) sortant de l'eau est mis dans un sac en moustiquaire et attaché sur l'extrémité d'un bâton fixé sur un axe mobile actionné à la manivelle. Cet échantillon est soumis à diverses vitesses de centrifugation et la perte en eau est évaluée par pesée après chaque passage à la centrifugeuse.

##### 3.3.1.2. Résultats et discussion :

Plus la vitesse de centrifugation est grande plus la quantité d'eau diminue dans l'algue et par conséquent, celle du sel. Cependant, la diminution de sel semble se stabiliser à une accélération de  $10 \text{ m}^{-2}$ , laquelle permet une perte de plus de 20 % de sel sur une quantité initiale de 31 %. Ainsi, l'algue dessalée par cette méthode passe de 31 à 10 % de sel (fig. 8A).

La méthode par centrifugation semble la plus efficace pour le dessalage des algues. De plus, elle ne nécessite pas d'eau douce et ne provoque pratiquement pas de perte en éléments nutritifs.

Cependant, cette méthode paraît difficilement réalisable à grande échelle. Une solution intermédiaire serait la compression des algues.

## 4 . C O N C L U S I O N

Nos études ont montré que pour la détermination par conductimétrie de la teneur en sel des algues, il est préférable d'utiliser un rinçage à l'eau de mer pour éviter l'éclatement des cellules lors de l'extraction.

La quantité de sel apportée dans le sol est variable selon l'algue et les conditions de ramassage et de séchage.

Pour la dose utilisée dans les essais culturaux (5 t/ha), la quantité de sel apportée semble négligeable à l'issue d'une campagne. De plus, la migration du sel semble augmentée au bout de deux à trois campagnes. Cependant, un dessalage serait souhaitable pour une utilisation en routine des algues. Parmi les méthodes de dessalage étudiées, la centrifugation paraît la plus efficace en enlevant le maximum de sel sans ôter à l'algue sa capacité fertilisante par la perte d'une partie de ses éléments nutritifs indispensables aux plantes.

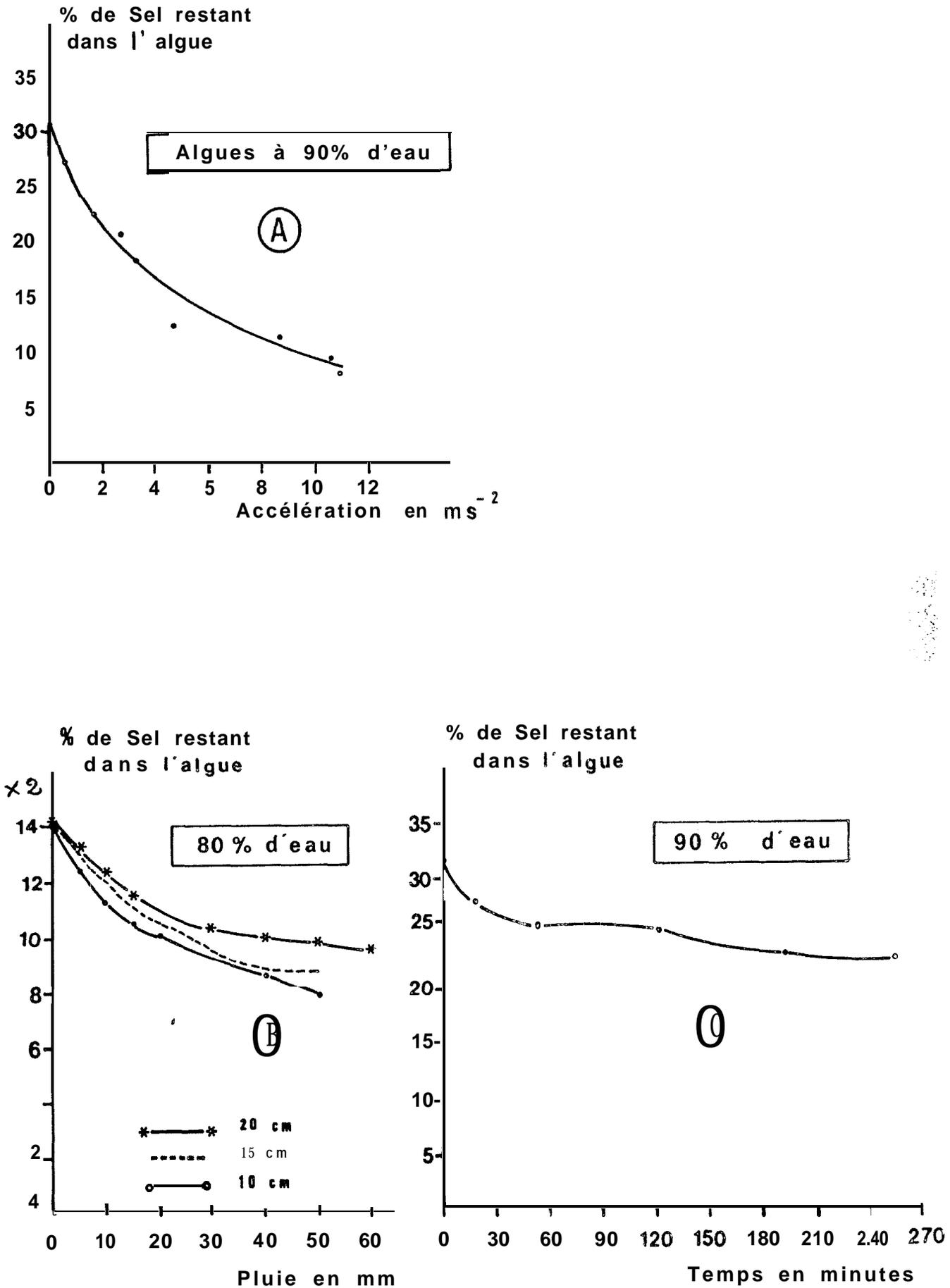


Fig. 8.- Dessalage des algues.  
A) par centrifugation  
B) par la pluie  
C) Ecouillage.

## B. ESSAIS CULTURAUX

## B.I -CHOIX DES CULTURES

Nous avons opéré notre choix en tenant compte de la zone d'échouage des algues et du type de cultures le plus approprié pour un suivi à long terme. L'utilisation des algues comme engrais nécessite des cultures intensives qui occupent peu de surfaces et qui soient praticables assez près de la mer en raison du transport. A partir de là, nous avons estimé que le maraîchage semblait le type de culture le plus approprié pour mener nos essais.

Cependant, pour compléter notre échantillonnage botanique, nous avons également testé l'action des algues sur la culture de deux céréales : le mil et le maïs.

En ce qui concerne les cultures maraîchères, les espèces ont été choisies en fonction de leur sensibilité au sel et de leur importance économique. Nous avons ainsi sélectionné six cultures : tomate, haricot vert, oignon, pomme de terre, laitue et patate douce.

- La tomate : elle est cultivée pour la consommation locale et utilisée sous toutes ses formes partout à travers le Sénégal. La consommation a été estimée à 22 000 tonnes en 1983. La tomate cerise et la tomate industrielle sont les plus fréquentes. Cette culture est relativement résistante au sel (CDH, vulgarisation 1983).

- Le haricot : cette légumineuse est surtout produite dans les régions de Thiès et de Dakar. La production est estimée à 5 846 tonnes pour 1981-1982 et à 4 155 tonnes pour 1982-1983. Cette culture est en revanche très sensible au sel.

- L'oignon : Il entre dans la préparation de nombreux plats au Sénégal. La consommation est estimée à 14,4 kg par habitant et par an. Cette culture est surtout pratiquée dans les régions de Thiès et de Saint-Louis (Niayes et Gandiol) qui donnent la plus grande partie de la production chiffrée à 31 658 tonnes en 1981-1982 et à 31 224 tonnes en 1982-1983. Sa tolérance au sel est moyenne.

- La pomme de terre : elle est cultivée en grande partie dans la région de Thiès, mais également à Dakar, à Louga et dans la région de Saint-Louis. La production annuelle a été de 9 600 tonnes en 1982-1983. La production n'arrive pas à satisfaire la demande locale et le pays fait souvent appel à l'importation.

- La laitue : elle est produite dans les grands centres principalement à Thiès, à Kaolack et à Dakar. Elle est surtout cultivée en saison sèche mais aussi pendant l'hivernage. Les laitues sont peu résistantes au sel.

- La patate douce : elle est souvent utilisée comme substitut de la pomme de terre dans certains plats sénégalais. Elle est surtout cultivée dans les Niayes. La consommation a été de 12 500 tonnes en 1982 (DGPA).

- Le mil : c'est la céréale la plus cultivée au Sénégal, consommée comme aliment de base surtout en zone rurale. D'après les estimations de la DGPA, la production a été de 585 243 tonnes en 1982-1983.

- Le maïs : c'est une céréale cultivée pour une consommation locale sous forme grillée ou en semoule mélangée au mil. La production a été de 73000 tonnes en 1982-1983 (DGPA).

L'ensemble de nos essais ont été menés sur un sol vierge sableux dont la composition en N, P, K. est la suivante :

Composition chimique du sol en %

N : 0,08

P : 0,02

K : 0,03

5, 11- TRAITEMENT STATISTIQUE DES RESULTATS

Le traitement statistique des données a été fait avec le programme GENSTAT V\* par F. LALOE (CRODT) sur les récoltes (nombre et poids) des différentes cultures.

Le test de Fischer a été employé pour déterminer la significativité des différences entre traitements.

Le seuil de significativité est déterminé par la méthode de Schiffé (LALOE comm. pers.) qui stipule que la différence est significative entre deux traitements  $i_1$  et  $i_2$  si :

$$|T_{i1} - T_{i2}| > \left\{ \sigma^2 \left( \frac{R_1}{I} + \frac{R_2}{I} \right) \times (I - 1) F_{(I-1), D} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$T_i$  = effet de traitement  $i$

avec

$\sigma^2$  : variance résiduelle

$R$  : nombre de répétitions

$I$  : nombre de traitements

$f_{\alpha}$  : fonction de Fischer avec  $\alpha$  : niveau de significativité (généralement 5 %).

$D$  : degré de liberté résiduel.

Dans les tableaux de résultats, tous les traitements affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents.

Les sources de variations (nombre ou poids) affectées de NS ne présentent pas de différences significatives entre traitements.

CV : est le coefficient de variation dans les traitements : rapport entre écart type résiduel et la moyenne générale.

---

\* Lawes Agricultural Trust Rothamsted experimental station 1980.

## B. III . - ESSAI SUR LA POMME DE TERRE (*Solanum tuberosum*)

### 1 . C O N D I T I O N S E X E' E R I M E N T A L E S

Lieu d'expérimentation : CDH

Variété : "désirée"

Algues testées : *Ulva*, *Hypnea* et *Cladophora*.

Conditions d'utilisation : salées, séchées et brutes à 5 t/ha

Fumure de comparaison : 20 t/ha de -fumier& cheval 1t/ha de 10-10-20 et 200 kg/ha de TSP (superphosphate triple)

Dispositifs de plantation : dimensions des parcelles : 7,5 m x 3 m

écartement : 0,3 m x 0,6 m

dispositif : 5 traitements à 4 répétitions réparties au 'hasard.

Apport d'eau : 5 mm par jour par aspersion

Traitements phytosanitaires par pulvérisation avec Dimethoate contre l'alternariose et avec Captafol contre la pourriture du collet.

### 2 . R E S U L T A T S E T D I S C U S S I O N

La croissance végétative en cours de culture ainsi que les récoltes sont les principaux critères de comparaison dans cet essai,

#### 2.1 . **LA** CROISSANCE VEGETATIVE

La levée a été homogène pour tous les traitements une semaine après la plantation des tubercules prégermés .

Mais 10 jours après, des différences portant sur la couleur des feuilles et la couverture végétale commencent à apparaître, Le tableau ci-après donne les résultats obtenus.

A 60 jours, le nombre moyen de tiges avec la fumure de comparaison est de 24 % supérieur à celui avec *Hypnea*, 23 % de plus que celui avec *Cladophora* 22 % de plus que celui avec *Ulva* et toujours 19 % de plus que celui avec le témoin. Ainsi, les pertes de tiges pour la fumure de comparaison et le témoin ont été équivalentes, pendant l'attaque.

## 2.2. RECOLTE .

La maturation de la pomme de terre se manifeste par le jaunissement, puis le flétrissement des feuilles. La récolte se fait à 50 % de plantes couchées. Par ces symptômes, le témoin absolu paraît arriver à maturité avant les autres traitements (à 77 jours contre 84 jours). Le traitement avec *Cladophora* mûrit le dernier (vers 90 jours).

Rendement par hectare

	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
Poids en tonnes par %	b 41,0	a 9,9	a 14,8	ab 23,5	a 16,3
Nombre de tubercules par ha	b 513000	a 311000	ab 374000	ab 359000	a 315000
Poids moyen d'1 tubercule en g	80	32	40	65	52

CV % poids = 22,9

CV % nombre = 15,1

Le rendement en poids indique une nette prédominance de la fumure de comparaison laquelle a un rendement de 64 % supérieur au traitement avec *Hypnea*, 60 % de plus que celui de *Cladophora*, 76 % de plus que celui du témoin et. 43 % de plus qu'*Ulva*. Avec le nombre de tubercules, on n'a pas de différences significatives entre traitements.

On peut donc constater que la fumure de comparaison donne des tubercules nettement plus lourds et plus gros que les autres traitements comme l'indiquent les résultats sur le calibre des tubercules donnés par le tableau ci-après.

Pourcentage de tubercules selon le calibre

	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
< à 35 mm	18,5	68,4	43,5	21,8	25,3
35 - 50 mm	49,6	31,1	54,9	63,7	61,1
> à 50 mm	31,9	0,5	1,6	14,5	13,6

En valeur absolue, on constate que la fumure de comparaison prédomine quant au nombre de tubercules: suivi du traitement *Hypnea*, qui parmi les traitements algues procure cependant le plus faible rendement pondéral. Ce phénomène s'explique par les apports des fumures. En effet la quantité appréciable d'azote amenée par l'épandage d'*Hypnea* et à temps, permet une tubérisation importante, alors que le grossissement des tubercules est empêché par la carence potassique dans cette fumure.

La faiblesse du rendement tant pondéral qu'en nombre de tubercules pour le traitement *Cladophora*, s'expliquerait plutôt par sa décomposition assez tardive d'où une tubérisation très proche de celle du témoin malgré une composition chimique plutôt adéquate.

La qualité générale de la récolte n'est pas très satisfaisante : près de 40 % des tubercules ont été attaqués dans tous les traitements, soit par les insectes comme *Gryllotalpa*, soit par des nématodes ou *Rhizoctoria solani* qui provoque la pourriture sèche. Dans le tableau suivant, nous présentons les résultats obtenus sur la qualité de la récolte.

Pourcentage de tubercules selon la qualité

FUMURE TUBERCULES	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
Sains	67,4	54,5	60,9	57,9	47,6
Pourris	0,4	2,4	4,9	1,4	1,6
Insectes	20,1	17,5	26,2	27,1	24,2
Nématodes	12,1	25,6	8,0	13,6	26,6

Le pourcentage de pourris est plutôt faible dans l'ensemble, **Hypnea** contient le plus de tubercules pourris qui représentent seulement 5 % de la récolte totale, Avec la fumure de comparaison, **Hypnea** donne la meilleure qualité en récolte avec 60 % du rendement en tubercules sains. *Cladophora* et le témoin sont les plus attaqués par les nématodes avec respectivement 27 % et 26 % de tubercules malades.

En ce qui concerne la forme des tubercules, seules *Ulva* et la fumure de comparaison donnent des tubercules allongés, ceux-ci étant arrondis pour tous les autres traitements.

Les pelures sont roses pour tous les traitements sauf avec *Cladophora* et le témoin qui donnent des pelures rouge foncé.

Pour toutes les autres caractéristiques des tubercules, il n'y a pas de différence entre les traitements.

### 3 . C O N C L U S I O N

En termes de rendement pondéral, la fumure algale la plus appropriée d'après cet essai, semble être *Ulva*. Cependant, si les pieds n'avaient pas été attaqués par la pourriture du collet, **Hypnea** aurait été le meilleur fertilisant (le nombre de tubercules et les aspects végétatifs presageaient un meilleur rendement).

Ainsi, on pourrait envisager pour une meilleure fumure algale de la pomme de terre, une combinaison *Ulva-Hypnea* **ou** *Cladophora-Hypnea* pour satisfaire les besoins de la culture pendant tout le cycle.

B.IV.- ESSAI SUR LA PATATE DOUCE (*Ipomea batata* <- VARIETE NDARGU)

1. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Lieu d'expérimentation : CDH

Algues utilisées : *Ulva*, *Hypnea* et *Cladophora*

Conditions d'utilisation : salées, séchées et broyées à 5 t/ha.

Fumure de comparaison : 800 kg/ha de 10-10-20, 50 kg/ha de sulfate de potasse et 50 kg/ha d'urée.

Dispositifs de plantation : dimension des parcelles : 7,5 m x 3 m

écartement : 0,4 m x 1 m

dispositif : 5 traitements à 4 répétitions réparties au hasard.

Apport d'eau : arrosage par aspersion à raison de 5 mm/jour

Traitements phytosanitaires : Bactospéine contre une chenille microlepidoptère, Endosulfan et Dimethoate contre *Cylas*, Decis contre les chenilles.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

La morphologie des plantes et les tonnages récoltés ont constitué les critères de comparaison pour les divers traitements.

2.1. CROISSANCE VEGETATIVE

Les résultats figurent dans le tableau suivant :

Croissance végétative au cours du temps

PARAMETRES		FUMURES				
		FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Ulva</i>
Longueur moyenne de la tige en mètre	30 j	0,44	0,35	0,68	0,51	0,46
	60 j	0,78	0,60	0,88	0,75	0,77
	100 j	0,88	0,73	0,95	0,77	0,91
Couverture du sol en %	30 j	42,5	27,5	80,0	45,0	40,0
	60 j	78,7	32,5	85,0	60,0	58,7

Tous les aspects morphologiques montrent la prédominance du traitement *Hypnea*, en raison, nous pensons de l'apport azoté plus important provoqué par cette algue (cf. chp. 10).

Néanmoins, on constate que le traitement "fumure de comparaison" reste très proche d'*Hypnea* et la hauteur moyenne des plantes est supérieure dans ce traitement, bien que les différences ne soient pas significatives. Le tableau suivant donne les résultats de la hauteur moyenne au cours du temps.

Hauteurs moyennes de la végétation en cm et écart type.

TRAITEMENTS TEMPS	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Ulva</i>
30 j	<u>18,0</u>	<u>14,5</u>	<u>25,0</u>	<u>16,6</u>	<u>17,7</u>
	2,2	3,4	2,6	4,2	4,3
60 j	<u>33,2</u>	<u>21,2</u>	<u>32,5</u>	<u>27,2</u>	<u>28,7</u>
	6,1	3,6	6,0	3,5	1,5
100 j	<u>36,5</u>	<u>25,5</u>	<u>35,2</u>	<u>30,2</u>	<u>30,0</u>
	4,0	3,8	3,8	2,1	0,8

D'autre part, la couleur des feuilles varie selon le traitement : vert sombre avec la fumure de comparaison, *Ulva* et *Cladophora*, vert clair avec *Hypnea* et le témoin. Ces couleurs pourraient être interprétées comme des carences en phosphore ou potassium (VAN DER VEKEN et DE LANNOY, 1973), mais le développement végétatif rendrait l'explication peu plausible, car de telles carences s'accompagnent souvent d'un arrêt de la croissance, ce qui n'est pas le cas dans l'essai.

## 2.2. RECOLTE

Par le rendement pondéral à 100 jours, nous avons une prédominance de la fumure de comparaison suivi d'*Hypnea* qui donne un rendement légèrement supérieur à celui des autres algues. Le rendement avec le témoin est la moitié de celui obtenu avec la fumure de comparaison. Ces variations de rendement pourraient s'expliquer par les différences de vitesse de décomposition des algues plutôt que par l'apport global en N, P, K des fumures. En effet, d'après la théorie, *Cladophora* qui serait la fumure la plus équilibrée (N/K = 1/3) donne un rendement plus faible.

A 110 jours, *Hypnea* donne le meilleur rendement comme le laissait prévoir la croissance végétative. Cependant, seul le témoin est significativement différent des autres traitements.

Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

Récolte en tonne par hectare

TRAITEMENT	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Ulva</i>
à 100 j	22,4	10,4	19,1	18,1	18,3
à 110 j	22,7	11,7	23,2	22,5	20,6
Moyenne	22,5 <sub>b</sub>	11,1 <sub>a</sub>	21,1 <sub>b</sub>	20,3 <sub>ab</sub>	19,8 <sub>ab</sub>

différence significative à  $F = 0,05$

CV % = 14,4

Ces rendements montrent que 10 jours de plus ont eu un effet bénéfique sur les traitements algues lesquels ont provoqué une augmentation de récolte de 4,1 t/ha avec *Hypnea*, 2,2 t/ha avec *Ulva* et 4,4 t/ha avec *Cladophora*. La fumure de comparaison n'a donné qu'une augmentation de 0,3 t/ha

Ce phénomène pourrait s'expliquer par la vitesse de dégradation des différentes fumures, car *Cladophora* qui se décompose le plus lentement accroît beaucoup plus le rendement qu'*Ulva* qui se dégrade le plus rapidement. De même, la fumure de comparaison, qui est très facilement disponible, ne provoque qu'un faible accroissement du rendement.

Le calibre des tubercules montre qu'*Hypnea* et la fumure de comparaison donnent les plus gros tubercules. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant.

Pourcentage de patates douces selon le calibre

TRAITEMENT CALIBRE	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Ulva</i>
0 - 500 g	82,9	94,6	82,4	91,4	87,3
501 à 1000 g	13,6	5,4	14,1	8,6	12,7
1000 à 1200 g	3,5	0	3,5	0	0

La qualité des tubercules complète les caractéristiques de la récolte. Le tableau suivant donne les pourcentages de tubercules selon la qualité.

Pourcentage de tubercules suivant la qualité

TRAITEMENT	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Ulva</i>
% de tubercules sans défaut	3,6	7,0	4,5	3,4	3,5
% de tubercules avec défaut mais consommables	96,0	92,8	95,5	96,6	96,5
% de tubercules avec défaut non consommables.	0,4	0,2	0	0	0

Le pourcentage de tubercules non consommables est nul pour tous les traitements algues ; ces fumures contribueraient donc à l'amélioration de la qualité. Le pourcentage de tubercules attaqués est presque le même pour tous les traitements. La plupart des défauts sont dues à *Cylas* (plus de 90 %) et pour une moindre part par *Gryllotalpa* qui creuse des galeries dans les tubercules.

Le tableau suivant donne les rendements en feuillage

Production de feuillage (en tonnes par hectare)

TRAITEMENT	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Ulva</i>
Production	10,2	5,5	11,8	10,1	10,3

Les algues donnent la même production de feuillage que la fumure de comparaison, soit deux fois plus que celle du témoin absolu. Cependant, *Hypnea* semble produire légèrement plus que les autres traitements.

### 3 . C O N C L U S I O N

Le rendement moyen en tubercules et: la qualité de la récolte sont les mêmes pour les algues et la fumure de comparaison. Seule *Ulva* semble avoir une efficacité moindre que les autres algues.

## B.V. -ESSAI SUR LE HARICOT VERT (*Phaseolus vulgaris*)

### 1. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Lieu d'expérimentation : CDH

Algues testées : ***Hypnea***, *Ulva* et ***Cladophora***

Conditions d'utilisation : salées, séchées et broyées pour toutes les trois et compostées pour *Ulva* à la dose de 5 t/ha

Fumure de comparaison : 375 kg/ha de sulfate d'ammoniaque, 280 kg/ha de TSP (super phosphate triple), 120 kg/ha de sulfate de potasse et 100 kg/ha de chaux magnésienne.

Dispositifs de plantation : dimension des parcelles 3 m x 7,5 m

écartement : 10 cm x (20 cm + 80 cm)

dispositif : 6 traitements à 3 répliques plus deux parcelles de bordure et une allée parallèle à la bande plantées comme témoin.

Apport d'eau : aspersion à 5 mm par jour.

### 2. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 2.1. CROISSANCE VEGETATIVE

La variété de haricot utilisée dans cet essai est "Delinelle" qui donne des plantes naines.

Dès la première quinzaine, après la levée, on note suivant les traitements des différences très nettes de couleur des feuilles. Les plantes traitées avec *Ulva* et ***Hypnea*** donnent une couleur de feuilles vert sombre tandis que le témoin absolu, le compost d'*Ulva* et la fumure de comparaison produisent une couleur vert pâle et *Cladophora* un vert tendre. D'après ZUANG (1976) la couleur vert sombre est caractéristique d'une carence en potassium chez le haricot vert.

Un mois après la levée, les feuilles ont commencé à jaunir avec *Hypnea*. Une semaine après, on note l'apparition de taches rouille et l'enroulement des feuilles. Pendant ce temps, le jaunissement s'étend à l'ensemble de l'essai et devient plus marqué pour le traitement avec compost d'*Ulva*, sur lequel les feuilles commencent même à sécher. Ce phénomène s'est poursuivi pendant un mois et demi ; le renouvellement des feuilles a commencé quinze jours après que la quasi totalité des feuilles soit tombée. Le phénomène remarqué sur le traitement *Hypnea* serait dû au déséquilibre du rapport K/N qui au lieu de 1/3 est d'environ 3. Le jaunissement des feuilles sur l'ensemble des traitements est dû à un phénomène naturel de vieillissement (deux mois et demi de culture).

La couleur des fleurs est aussi différente selon le traitement : d'un violet soutenu avec les algues salées, séchées et broyées, plus claire pour le témoin absolu, la fumure de comparaison et le compost d'*Ulva*.

Le système racinaire est aussi variable suivant les traitements. La présence ou l'absence de nodules, s'explique par l'apport azoté de la fumure. En effet, quand les plantes ne reçoivent pas assez d'azote, elles fixent l'azote de l'air en complément de leurs besoins.

Le tableau suivant présente les caractéristiques des racines selon le traitement.

Caractéristiques des racines

TRAITEMENT	<i>Ulva</i> COMPOST	<i>Cladophora</i>	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	TEMOIN ABSOLU	FUMURE DE COMPARAISON
Système racinaire	4 grosses + quelque: petites racines avec no- dules.	Gros pivot avec de fines ra- cines qui s'enfon- cent.	Peu de racines qui res- tent en surface	Nombreuse: racines fines et longues allant en tous sens	Nombreuses racines fines et longues allant en tous sens ; gros nodules	Gros pivot + racines moyennes ou longues + gros nodu- les.

Après arrachage,, les caractéristiques des pieds nous renseignent sur tous les traitements,

Nombre et poids des pieds après arrachage

TRAITEMENT	<i>Ulva</i>	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Ulva</i> COMPOST	TEMOIN ABSOLU	FUMURE DE COMPARAISON
Nombre	133	119	129	108	135	131
Poids en g	900	590	860	460	900	1012
Poids moyen du pied en grammes	6,7	4,9	6,7	4,3	6,7	7,7

Le nombre et le poids des pieds après arrachage nous indiquent que les traitements avec "compost d'*Ulva* et *Hypnea* contiennent plus de plantes mortes que les autres.

## 2.2. RECOLTE

Le tableau suivant présente les résultats obtenus au bout d'un mois de récolte :

TRAITEMENT	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Ulva</i>	<i>Ulva</i> COMPOST.
Récolte à 1 mois en t/ha	3,49	2,09	2,12	3,29	3,36	2,77

Seules *Ulva* non compostée et *Cladophora* donnent des rendements voisins de ceux obtenus avec la fumure de comparaison.

Les courbes de récolte en fonction du temps (fig. 5) montrent que la meilleure récolte est faite au 15<sup>ème</sup> jour et que 45 à 60 % des récoltes sont effectuées au cours du premier mois. Les autres récoltes de moyenne importance sont effectuées entre 60 et 70 jours et une à 90 jours.

En début de récolte, la couleur des gousses ne varie pas d'un traitement à l'autre et demeure d'un vert tendre. En cours de récolte, des tâches rouilles apparaissent sur les gousses du traitement par *Hypnea*, certainement en liaison avec l'apparition de ces mêmes tâches sur les feuilles.

Les résultats en fin de culture sont données dans le tableau suivant.

### Rendement total en t/ha

TRAITEMENT	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Ulva</i>	<i>Ulva</i> COMPOST,
Rendement en t/ha	654	abc 4,1	a 3,3	bc 5,3	555	ab 3,8
Nombre de gousses / parcelles	c 3200	ab 2300	a 1900	bc 2800	c 3000	a 2200

Le meilleur rendement final (au bout de 100 jours) est obtenu avec la fumure de comparaison ; *Cladophora* et *Ulva* donnent également de bons rendements (83 % de la fumure de comparaison). *Ulva* compostée, *Hypnea* et le témoin absolu donnent des rendements non significativement différents qui n'atteignent que 50 % de ceux de la fumure de comparaison.

L'explication de ces différences viendrait tout d'abord des équilibres entre N et K des fumures. Mais, si on ne tient compte que de ce critère, le fait que *Cladophora* provoque un rendement plus faible qu'*Ulva* et même la fumure de comparaison paraîtrait aberrant, car le rapport N/K dans cette fumure est de 0,34 comme l'indique la théorie alors qu'il est différent pour les deux autres traitements. Pour cela, la décomposition des algues dans le sol. pourra compléter l'explication par les équilibres N et K. En effet, *Cladophora* ne se décomposant qu'à partir de 30 jours, on peut supposer qu'elle a un retard pour couvrir les besoins de la plante, alors qu'*Ulva* et la fumure de comparaison. les assurent beaucoup plus tôt. Avec *Hypnea*, le déséquilibre entre N et K serait à l'origine de son inefficacité sur le haricot.

En ce qui concerne la qualité, les résultats sont identiques à ceux des rendements.

Pourcentage des gousses selon la qualité

TRAITEMENT	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Ulva</i>	<i>Ulva</i> COMPOST.
Gousses sans défaut	79,7	66,5	64,3	74,0	73,1	68,5
Gousses avec défaut	20,3	33,5	35,6	26,0	26,9	31,5

Le tableau montre que les traitements : *Hypnea*, *Ulva* compostée et le témoin absolu donnent des gousses de moins bonne qualité avec plus de 30 % de gousses avec défaut.

La grosseur des gousses varie aussi avec le traitement : les algues et la fumure de comparaison donnent des gousses de dimensions moyennes tandis que le témoin et *Ulva* compostée donnent des gousses petites et très minces.

### 3 . C O N C L U S I O N

Cet essai sur le haricot nous permet d'avancer que parmi les algues testées, *Ulva* est la meilleure fumure pour le haricot vert. Cependant, des combinaisons entre algues pourraient améliorer les rendements obtenus en particulier, dans le cas de la fertilisation par *Hypnea*, pour laquelle, un tel procédé permettrait de rétablir l'équilibre entre N et K.

- 56 -  
HARICOT VERT

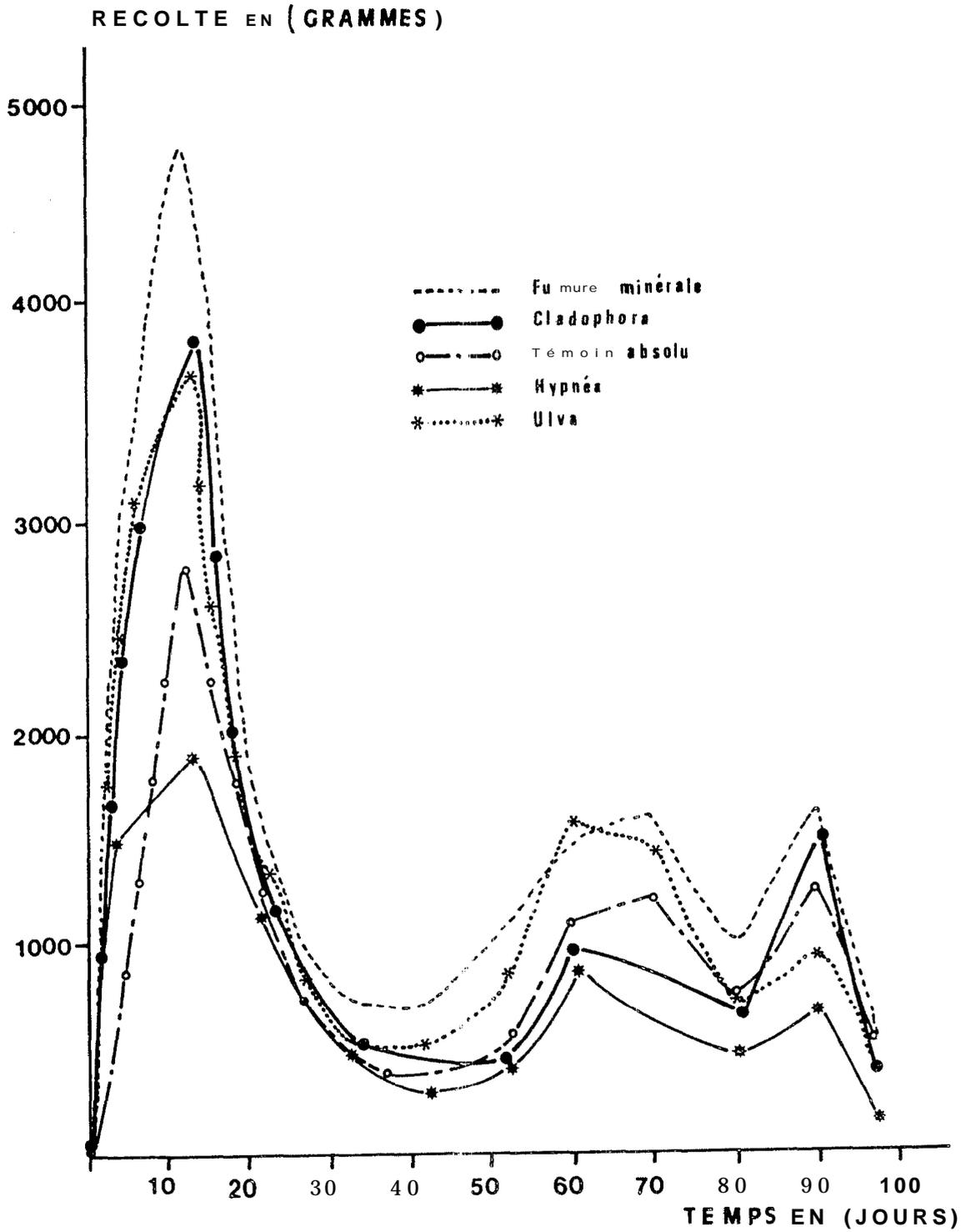


Fig. 5.- Récolte Haricot vert.

## B.VI. - ESSAI SUR LA TOMATE (*Lycopersicum* - VARIETE SMALL-FRY)

Nous avons effectué deux essais sur cette culture, successivement et sur les mêmes parcelles, le premier en saison sèche et le second en hivernage.

### 1. P R E M I E R E S S A I ( S A I S O N S E C H E )

#### 1.1. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Lieu d'expérimentation : CDH

Repiquage : 10.1.82 après un mois de pépinière

Algues testées : *Ulva* compostée, *Hypnea* et *Cladophora* séchées, salées et broyées

Dose d'utilisation : 5 t/ha

Fumure de comparaison : 20 t/ha de fumier de cheval plus 1 t/ha de 10-10-20

Dispositifs de plantation : dimension des parcelles : 3 x 7,5 m

écartement : 0,4 m x 1 m

dispositif : six traitements à 3 répétitions réparties au hasard avec 2 parcelles de bordure

Apports d'eau : 5 mm par jour en aspersion

Traitements phytosanitaires : Cymbush contre *Héliothis*, Thiadimefon et Manèbe contre différentes attaques.

#### 1.2. RESULTATS ET DISCUSSION

##### 1.2.1. Croissance végétative :

La hauteur des plantes au cours du temps fait apparaître une première différenciation entre les traitements :

Hauteurs moyennes en cm (souligné) et écart type

TRAITEMENTS TEMPS	<i>Ulva</i>	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN <sup>1</sup> ARSOLU <sup>2</sup>
20 jours	<u>16.2</u> 1.5	<u>17.1</u> 1.0	<u>18.0</u> 1.8	<u>17.4</u> 2.5	<u>18.8</u> 1.1
47 jours	<u>51.8</u> 3.3	<u>64.5</u> 6.1	<u>58.1</u> 6.1	<u>66.9</u> 6.1	<u>51.8</u> 0.7
61e jours	<u>58.3</u> 3.2	<u>74.1</u> 6.3	<u>62.6</u> 5.9	<u>79.7</u> 2.8	<u>54.8</u> 4.6

Au bout de 20 jours, il n'y a pas de différences significatives entre les traitements.

A 47 jours, *Ulva* et le témoin semblent évoluer moins rapidement, avec une augmentation de la hauteur moyenne de 32 à 36 cm alors que les plantes avec *Cladophora*, *Hypnea* et la fumure de comparaison croissent de 40 à 49 cm. A 61 jours, le taux de la croissance diminue dans tous les traitements, l'augmentation de la hauteur moyenne allant de 2 cm avec le témoin à 13 cm seulement avec la fumure de comparaison (les algues donnent des taux de croissance intermédiaires).

La ramification des plantes varie aussi suivant les traitements. Son évolution est la même que celle de la hauteur, les témoins et *Ulva* donnant les plantes les moins ramifiées, la fumure de comparaison et *Hypnea* donnant celles qui s'étaient le plus.

La couleur des feuilles est également fonction du traitement. Elle est bleu vert avec *Hypnea*, vert sombre avec *Cladophora*, verte avec la fumure de comparaison et vert pâle avec le témoin et *Ulva*.

Tous les aspects morphologiques étudiés dans cet essai montreraient une carence azotée avec les traitements *Ulva* et témoin. ZUANG (1976) a en effet montré que la couleur vert pâle des feuilles et la faible croissance sont caractéristiques de ce phénomène.

L'évolution de la végétation s'explique par les apports des fumures (chap. 011) surtout en ce qui concerne le traitement avec *Hypnea*, qui procure un apport azoté plus important.

### 1.2.2. Floraison :

Les courbes représentant le nombre de fleurs en fonction du temps (fig. 6.1.) évoluent toutes de la même façon, présentant deux paliers : le premier qui va du 31 janvier au 31 mars (2 mois) et le second plus bref allant du 30 avril au 15 Mai (15 jours). Ainsi, ces courbes mettent en évidence deux périodes importantes dans le cycle de la culture : la première qui s'étend de la pleine fructification à la fin des grandes récoltes (70 %) et la seconde de la floraison à la fin de la culture.

La hauteur des palliers (fig. 6.1.) correspond aux quantités de récoltes dans la plupart des traitements, sauf dans le cas de *Cladophora* pour lequel on obtient un nombre de fleurs cumulé plus important que celui de la fumure de comparaison, mais un rendement pondéral de tomates plus faible.

### 1.2.3. Récolte :

#### 1.2.3.1. Rendement en tonne/ha :

Les rendements obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

TRAITEMENT	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN
Rendement	28,3 bc	18,5 ab	21,5 ab	35,7 c	15,6 a

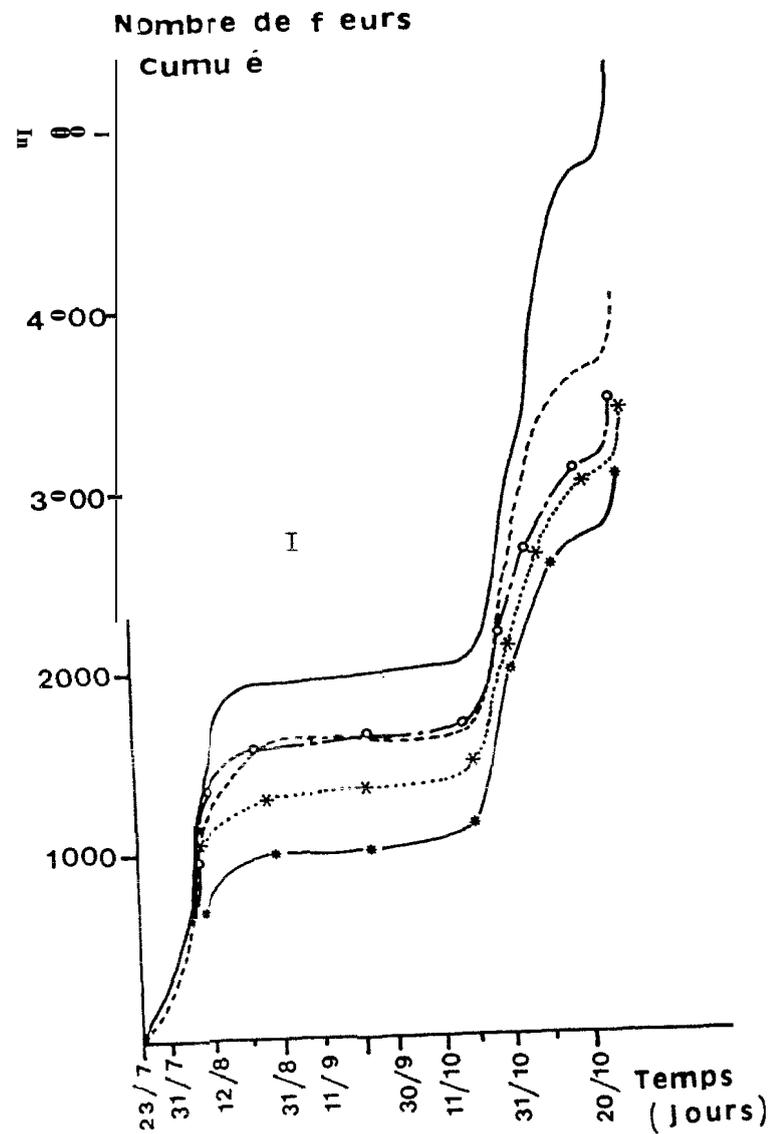
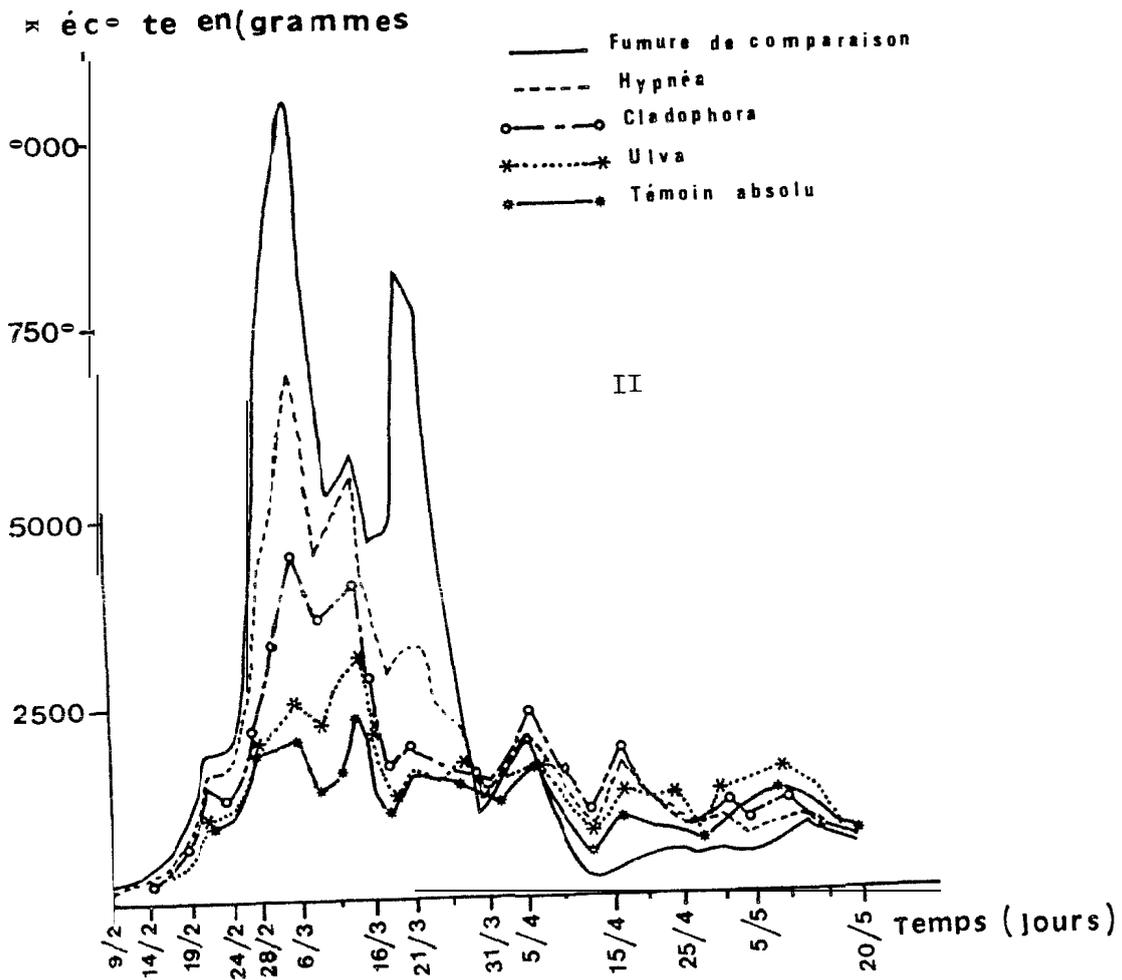
cv = 17,9 %

'Différence significative à P = 0,05

Le tableau montre par la comparaison deux à deux des traitements qu'il y a des différences significatives. Cependant si on considère l'ensemble, seul le témoin paraît statistiquement différent des autres traitements.

Le faible rendement avec le traitement *Ulva* s'expliquerait par le fait que le compost a été utilisé sans son pied de cuve, donc ayant perdu beaucoup de ses principes actifs:

Fig 6.- PREMIER ESSAI TOMATE



Sur la figure 6-2 (courbes de récoltes en fonction du temps), on observe trois grands pics de récolte au cours du premier mois. Au delà, les poids recueillis sont plutôt faibles et étalés dans le temps.

Ces trois récoltes correspondent à 88,5 % du rendement avec la fumure de comparaison, 76,5 % avec *Hypnea*, 68,7 % avec *Cladophora*, 61,6 % avec *Ulva* et 38 % avec le témoin absolu. Ainsi, on peut arrêter la récolte de tomate à environ un mois pour la plupart des traitements.

### 1.2.3.2. Calibre des fruits :

Le calibre général des fruits de cet essai varie entre moins de 30 et 47 mm. Ce phénomène est normal pour la variété utilisée qui est la Small Fry.

Pourcentage de tomates selon le calibre

TRAITEMENT CALIBRE	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN
< 30 mm	79,2	82,9	73,5	78,2	80,3
30 - 35 mm	19,8	16,0	24,6	21,8	19,0
<b>35 - 40 mm</b>	1,0	1,1	1,5	0	0,7
40 - 47 mm	0	0	0,3	0	0

D'après ces résultats, *Cladophora* paraît donner les plus gros fruits.

## 2. DEUXIEME ESSAI ( H I V E R N A G E )

### 2.1. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Lieu d'expérimentation : CDH, sur la même bande que le premier

Repiquage : le 26-06-83 après un mois de pépinière

Algues testées : *Ulva*, ***Hypnea*** et *Cladophora*

Conditions d'utilisation : séchées et broyées à 5 t/ha

Fumure de comparaison : **20** t/ha de fumier de cheval plus 1 t/ha de 10-10-20

Dispositif de plantation : dimension des parcelles : 7,5 m x 3 m  
 écartement : 0,4 m x 1 m  
 dispositif : 5 traitements à 4 répétitions  
 réparties au hasard.

Traitements phytosanitaires : applications répétées de Manèbe d'abord en prévention puis contre diverses maladies dues aux insectes et d'ordre physiologique.

## 2.2. RESULTATS ET DISCUSSION

Cet essai a été effectué pour confirmer ou infirmer les résultats (précédemment obtenus) concernant l'ordre d'efficacité des trois algues, et également leur action à une saison différente.

### 2.2.1. Croissance végétative :

Hauteur moyenne en cm (chiffres soulignés) et écart type

TRAITEMENT		FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Ulva</i>
16	H	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>22</u>
	σ	5,96	4,66	4,53	4,51	5,00
37	H	<u>59</u>	<u>47</u>	<u>62</u>	<u>56</u>	<u>52</u>
	σ	12,17	8,71	7,97	10,12	10,28
112	H	<u>67</u>	<u>55</u>	<u>68</u>	<u>62</u>	<u>61</u>
	σ	13,05	12,37	12,11	15,28	12,21

La hauteur moyenne ne donne pas de différence significative. Les écarts entre plantes dans un même traitement sont souvent très grands. La croissance végétative est cependant différente selon le traitement, elle est plus élevée entre le 16<sup>e</sup> et le 37<sup>e</sup> jour, Elle est de 36 cm avec la fumure de comparaison dans cet intervalle de temps, de **37 cm** avec *Hypnea*, de 30 cm avec *Cladophora* et avec *Ulva* et enfin de 23 cm avec le témoin absolu.

La couleur des feuilles varie également selon le traitement : la fumure de comparaison provoque une couleur vert sombre de même qu'*Hypnea*, *Cladophora* conduit à un vert tendre, alors qu'*Ulva* et le témoin donnent une couleur vert pâle. Ce phénomène s'expliquerait par la composition en azote de chacune des fumures (cf. chap. B11), *Hypnea* et la fumure de comparaison étant riches en azote tandis qu'*Ulva* est plutôt pauvre.

Comparées au premier essai, les plantes se développent moins et certains problèmes physiologiques observés sont absents du premier. Tous ces phénomènes semblent liés à la période de culture, l'hivernage favorise en effet, le développement des diverses maladies.

### 2.2.2. Floraison :

Comme au premier essai, les courbes de floraison en fonction du temps (fig. 7-1) mettent en évidence deux périodes importantes de la culture, une première plus longue qui dure un mois et demi, et l'ébauche d'une seconde qui commencerait au 15 novembre.

### 2.2.3. Récolte :

TRAITEMENT	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU
Rendement en t/ha	cd 17,7	ab 11,4	bc 13,4	d 19,9	a 5,8
Pourcentage/ au 1er essai	62,5	61,6	62,3	55,0	35,8

cv = 19,3 %

Différence significative à P = 0,05

Ce tableau montre qu'*Hypnea* est la fumure la plus efficace pour la période d'hivernage sur la tomate, car dans cet essai, elle n'est pas significativement différente de la fumure de comparaison. *Cladophora* donne un meilleur rendement qu'*Ulva* et est significativement différente du témoin absolu.

Les courbes de récoltes (fig. 7-2) montrent une seule grande récolte alors qu'il y en avait trois au premier essai (fig. 6-Z).

2.2.4. Pourcentage de tomates selon le calibre :

TRAIITEMENTS CALIBRE	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU
- de 30 mm	84,6	82,7	83,9	83,2	81,6
30 - 35 mm	15,4	17,3	16,0	16,8	18,1
35 - 40 mm	0	0	0,1	0	0,3

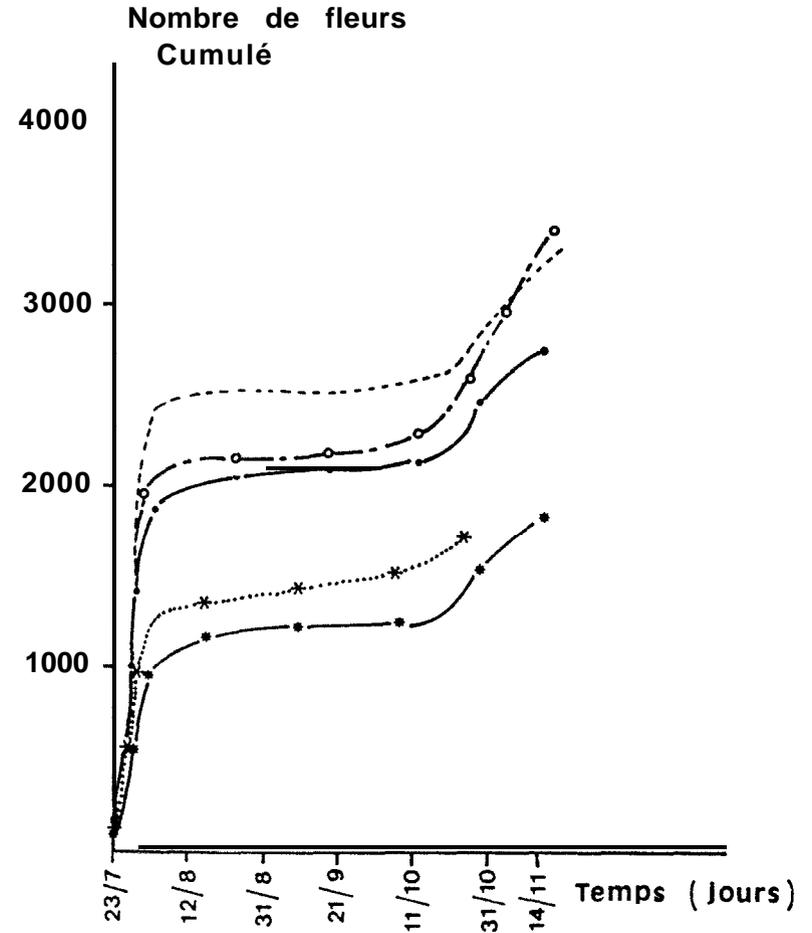
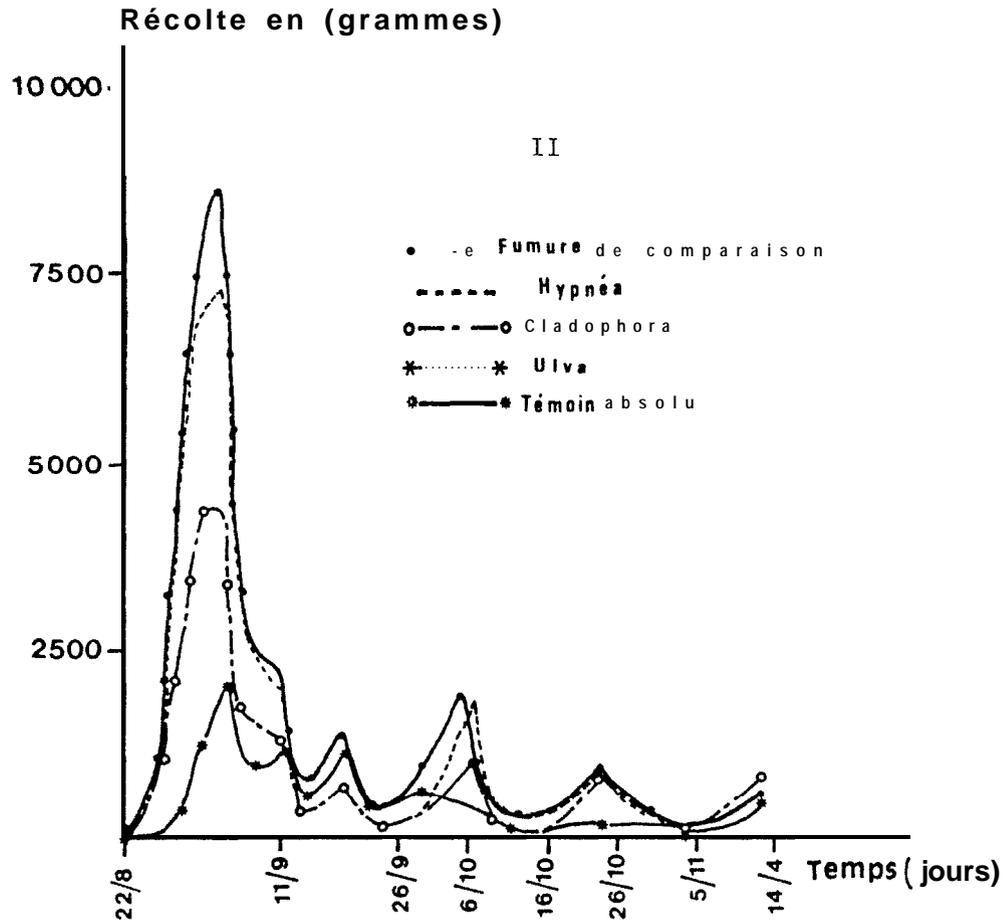
Le calibre des fruits dans cet essai est généralement plus faible que dans le premier, plus de 80 % de la récolte ayant un calibre de moins de 30 mm, les différences entre traitements évoluent cependant de la même façon qu'au premier essai. L'effet des fumures sur les calibres des tomates serait plus significatif avec des variétés de tomates plus grosses.

3. c O N C L u S I O N

Les algues semblent en général plus adaptées que la fumure de comparaison dans les conditions du second essai.

*Hypnea* paraît la fumure la plus appropriée à la tomate parmi les trois algues testées, et serait même plus valable que la fumure de comparaison en saison d'hivernage, car elle donne un rendement qui constitue 62,5 % de celui obtenu au premier essai contre 55 % avec la fumure de comparaison.

Fia. 7 .- DEUXIEME ESSAI TOMATE



## B.VII- ESSAI SUR L'OIGNON (*Allium cepa*)

### 1. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Lieu d'expérimentation : CDH

Variété d'oignon : Violet de Galmi

Algues utilisées : *Ulva*, *Hypnea* et *Cladophora*

Conditions d'utilisation : brutes et séchées à 5 t/ha

Fumure de comparaison : 16 t/ha de fumier de cheval plus 400 kg/ha de sulfate d'ammoniaque, 250 kg de TSP\* et 200 kg/ha de sulfate de potasse.

Dispositifs d'expérimentation : dimension des parcelles : 7,5 m x 3 m  
écartement : 10 cm x (20 + 40) cm  
dispositif : cinq traitements à quatre répétitions réparties au hasard.

Apports d'eau : 6 mm par jour par aspersion

Traitements phytosanitaires : Diméthoate et Cymbush par pulvérisation.

### 2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 2.1. CROISSANCE VEGETATIVE

La levée est hétérogène sur l'ensemble de l'essai, Deux semaines après la plantation des bulbilles, il n'y a 100 % de pousses sur aucun des traitements.

Le témoin absolu ayant le plus fort pourcentage de levée, on pourrait penser que les fertilisants gênent la poussée des bulbilles. En réalité, cette hétérogénéité est due à une plantation parfois profonde et à une prédation des corbeaux en cas de plantation trop superficielle.

Après remplacement, le pourcentage de plantes levées augmente, mais à la récolte, le pourcentage de plantes survivantes a été moindre. Le comptage après remplacement a été fait un mois après repiquage et celui à la récolte le jour même, donc quatre mois après la mise en place.

---

(\*) TSP : Superphosphate triple .

Pourcentage de plantes survivantes

TRAITEMENT	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
Pourcentage après remplacement	86,7	90,4	92,0	88,6	85,7
Pourcentage à la récolte	69,2	79,2	78,4	79,5	72,8
Levée en %	45,9	83,2	79,7	75,4	63,8

De ce tableau, il ressort qu'avec la fumure de comparaison, le pourcentage de plantes survivantes est toujours le plus faible.

Le pourcentage de plantes mortes entre le remplacement et la récolte est plus important avec la fumure de comparaison.

Deux semaines après 13 levée, le développement végétatif paraît plus important avec les algues et le témoin. La cotation de 1 à 10 selon l'importance du développement végétatif donne : 8 pour *Hypnea*, 7 pour *Ulva* et le témoin, 6 pour *Cladophora* et 3 pour la fumure de comparaison. La couleur des feuilles est uniforme à ce stade mais, à partir de trois semaines, des différences très nettes commencent à apparaître entre les traitements. Les observations faites à 45 jours nous donnent les résultats présentés dans le tableau suivant.

Caractéristiques de la culture à 45 jours

TRAITEMENTS	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
Hauteur moyenne en cm	44,5	25,2	34,7	34,2	36,5
Encombrement moyen en cm	22,2	15,0	25,0	26,7	24,0
Couverture du sol en %	72,5	26,2	62,5	43,7	46,2
Développement du bulbe (coté de 1 à 5)	4	1	3	2	2
Largeur du collet	Mince	Faible	Mince	Mince	Mince
Couleur des feuilles	Bleu-vert	Vert-jaune	Vert-foncé	Vert	Vert-clair

Ainsi, on remarque que la fumure de comparaison couvre plus le sol donnant ainsi 46 % de plus que le témoin, 111 % de plus qu'*Hypnea*, 30 % de plus que *Cladophora* et 29 % de plus qu'*Ulva*. La hauteur moyenne est également plus importante tandis que l'étalement est plus fort avec les algues. La bulbaison est plus avancée avec la fumure de comparaison.

On peut dire à partir de ces observations qu'à 45 jours la fumure de comparaison provoque un meilleur développement de l'oignon, mais qu'*Hypnea* semble aussi assez active, tandis qu'*Ulva* et *Cladophora* ont un effet moyen.

De même, la couleur des feuilles semble indiquer un manque d'azote chez le témoin et *Ulva*. Toutes ces observations semblent liées aux apports des différentes fumures en fonction des besoins de l'oignon (chap. B11).

En effet, dans un sol pauvre, l'oignon demande un apport azoté en début de culture, rôle rempli par la fumure de comparaison et les algues, sauf *Cladophora* qui se décompose assez lentement (un mois).

A environ 60 jours, le dosage du pH dans le sol effectué sur chaque traitement montre un pH acide avec la fumure de comparaison (5,5) neutre avec les algues et le témoin (entre 6,5 et 7,3).

Le tableau suivant donne les résultats obtenus :

pH du sol selon le traitement

TRAITEMENT	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
PH	5,5	7,1	6,8	6,9	7,1

*Hypnea* et *Ulva* semblent donner les pH les plus favorables, à la {culture de l'oignon compris entre 6,5 et 6,9 (CDH-Vulgarisation).

Cependant, les différences ne semblent pas très significatives entre les différents traitements.

## 2.2. FLORAISON

Après deux mois de culture, les plantes commencent à fleurir en premier avec la fumure de comparaison. Les résultats suivants indiquent la floraison des divers traitements :

Nombre de hampes florales par traitement et par parcelle

TRAITEMENT	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
Nombre de hampes	18	1	7	5	4

La floraison semble liée à l'efficacité du traitement. Le traitement qui a le meilleur rendement a le plus de fleurs, tandis que le témoin est le moins fleuri.

## 2.3. RECOLTE

La récolte est effectuée après un arrêt d'irrigation de 10 jours pour obtenir des bulbes bien secs.

2.3.1. Rendement :

Les caractéristiques de la récolte sont: présentées dans ce tableau :

TRAITEMENTS	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
Rendement en t/ha	29,1 b	8,6 a	22,3 bc	13,2 ac	17,9 ac
Nombre de bulbe/ha NS	32200	32600	32500	32300	31400
Poids moyen d'l bulbe (g)	90	27	68	41	57

CV = 21,7 %

Différence significative à P = 0,05

Le rendement obtenu dépend plus du poids des bulbes que de leur nombre. Pour chacune des fumures, le rapport des rendements sur celui de la fumure de comparaison est équivalent à celui des poids moyens des bulbes. La fumure de comparaison est supérieure aux autres traitements avec un rendement de 70 % de plus que celui du témoin, Cependant, la différence avec *Hypnea* est non significative.

Le poids moyen des bulbes plus élevé avec *Cladophora* qu'avec *Ulva*, s'explique par l'apport en phosphore et potassium en fin de culture avec *Cladophora*; l'oignon a un besoin important en ces deux éléments en fin de cycle pour le grossissement des bulbes,

*Cladophora* donne un rendement en bulbes plus faible qu'*Hypnea* alors que son apport théorique en P et K au moment opportun semble plus favorable à l'oignon que celui d'*Hypnea*. Ce phénomène s'expliquerait par des facteurs dont nous n'avons pas tenu compte dans notre étude (rétention d'eau, rôle de colloïdes organiques, des oligoéléments etc).

2.3.2. Qualité de la récolte :

Les données relatives à la qualité des bulbes sont présentées dans le tableau suivant :

Pourcentage de bulbes selon la qualité

TRAITEMENTS	FUMURE DE COMPARAISON	TEMOIN ABSOLU	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
Oignons attaqués ou pourris	2,7	3,6	4,9	5,2	5,8
Fleuris	41,5	63,5	50	66,5	51
non fleuris	51,6	27,5	40,6	21,9	38,6
Oignons doublés ou triples	4,2	5,4	4,5	6,4	4,6

La qualité générale de la récolte est meilleure avec la fumure de comparaison qui a le moins de bulbes attaqués et le plus grand pourcentage de bulbes non fleuris (51,6 %). Parmi les autres fumures, *Hypnea* et *Cladophora* ont les plus grands pourcentages de bulbes sains non fleuris avec respectivement 41,6 et 39,7 %

Le témoin et *Ulva* contiennent plus de bulbes fleuris que les autres traitements et semblent favoriser leur dédoublement. Ces phénomènes paraissent liés aux faibles apports en éléments nutritifs dans ces traitements.

2.3.3. Calibre des bulbes :

La grosseur des bulbes est variable suivant le traitement. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-après :

Pourcentage de bulbes selon le calibre

TRAITEMENTS CALIBRES	FUMURE DE COMPARAISON		TEMOIN ABSOLU		<i>Hypnea</i>		<i>Ulva</i>		<i>Cladophora</i>	
	Fleuris	non fleuris	Fleuris	non fleuris	Fleuris	non fleuris	Fleuris	non fleuris	fleuris	non fleuris
Moins de 20 mm	0	0	0,3	1,6	0	0	0	0,1	0	0
Entre 20 et 40 mm	3,7	0,6	38,2	41,8	7,1	5,6	17,6	14,7	8,9	9,4
Entre 40 et 60 mm	22,7	22,1	56,5	31,1	46,7	27,7	36,2	61,9	37,9	50,6
Entre 60 et 80 mm	51,1	33,3	5,0	25,5	41,5	33,1	39,3	22,7	24,0	31,5
Entre 80 et 100 mm	17,0	38,5	0	0	4,7	25,6	6,6	0,7	19,9	8,5
Plus de 100 mm	5,5	0	0	0	0	7,9	0	0	0	0

Les bulbes fleuris semblent avoir le plus grand diamètre. La plus grande partie de la récolte (56 à 90 %) a un calibre compris entre 40 et 80 mm, donnant ainsi des bulbes moyens. *Hypnea* et la fumure de comparaison sont les seuls traitements à donner des bulbes de plus de 100 mm de diamètre. Les plus petits bulbes sont donnés par le témoin absolu,

3 Y C O N C L U S I O N

Parmi les algues testées dans cet essai, **il** semble qu'*Hypnea* **soit la** meilleure fumure pour Les oignons ; elle favorise aussi bien la croissance végétative que le grossissement des bulbes.. Les résultats obtenus avec cette fumure sont voisins de ceux de la fumure de comparaison aussi bien pour la croissance végétative, les rendements que pour la qualité de la récolte.

B,VIII- ESSAI SUR LA LAITUE (*Lactuca sativa*)

1. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Quatre essais ont été menés sur cette culture chez un maraîcher de Cambérène. Trois sont répétés sur les mêmes parcelles et un autre sur un terrain différent en parallèle avec le premier. Une seule algue a été testée sur cette culture ; *Hypnea* salée, séchée et broyée.

Les conditions expérimentales sont présentées dans le tableau suivant. L'irrigation est effectuée par arrosoir à raison de 5,5 mm par jour. Les parcelles utilisées pour les trois essais sont à l'ombre pendant une partie de la journée alors que le deuxième essai est effectuée sur terrain découvert tout le temps.

Conditions expérimentales

	1er essai	2° essai	3° essai	4° essai
Algue en tonnes par ha	7,50	8,33	7,78	7,50
Poudre d'arachide en t/ha	7,50	7,50	13,33	7,50
Déchets de poissons en t/ha	7,50	7,50	8,89	0
Dimensions des parcelles en m <sup>2</sup>	4,00	4,00	2,25	4,00
Nombre de plantes par parcelle	90	90	35	90

Les déchets de poissons sont utilisés comme fumure de couverture, et appliqués 15 jours après le repiquage.

## 2. R E S U L T A T S E T D I S C U S S I O N

La récolte constitue le seul critère de comparaison entre les deux traitements.

### 2.1. PREMIER ESSAI

Les caractéristiques de la récolte sont présentées dans ce tableau.

Récolte

	RENDEMENT En t /ha	RECOLTE PAR PARCELLE		PIEDS BIEN DEVELOPPES		PIEDS DEVELOPPES		PIEDS MAL DEVELOPPES	
		Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg
<i>Hypnea</i>	33,25	57	13,3	23	7,0	21	5,1	13	1,2
Fumure de comparai- son	20,00	44	8,3	16	4,7	16	2,8	12	0,5

Des remplacements n'ayant pas été effectués après le repiquage, on constate que les algues favorisent la survie: des plantes avec 63 % de pieds survivants par rapport au nombre de départ contre 49 % avec la fumure de comparaison. Ceci s'expliquerait soit par une rétention d'eau plus forte avec *Hypnea* soit par un excès de matière organique dans la fumure de comparaison qui provoquerait la brûlure de certains pieds.

Le rendement est également meilleur avec *Hypnea* qui donne 40 % de plus que la fumure de comparaison. Cette différence de rendement n'est pas seulement due au nombre de pieds survivants avec *Hypnea* par rapport à celui obtenu avec la fumure de comparaison qui n'est que de 23 %, mais par le pourcentage de pieds développés plus important avec *Hypnea*. Le poids par pieds avec *Hypnea* est de 304 g pour les pieds développés contre 294 g et de 92 g pour les pieds mal développés contre 42 g avec la fumure de comparaison. Ce phénomène s'expliquerait peut être aussi par la libération des éléments nutritifs par chacune des fumures pendant leur décomposition, *Hypnea* étant presque entièrement décomposé au bout d'un mois alors que la poudre d'arachide et les déchets de poissons ne sont que légèrement dégradés au bout de cette période.

2.2. DEUXIEME ESSAI

Le tableau suivant présente les résultats obtenus :

Récolte

	RENDEMENT EN t/ha	RECOLTE PAR PARCELLE		PIEDS BIEN DEVELOPPES		PIEDS DEVELOPPES		PIEDS MAL DEVELOPPES ;	
		Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg
<i>Hypnea</i>	34,25	73	13,7	35	8,0	29	4,6	9	1,1
Fumure de compa- raison	18,00	49	7,2	14	2,8	14	2,1	21	2,3

Le pourcentage de pieds survivants moins important dans le premier essai (81 % contre 62 %) avec *Hypnea*, s'expliquerait peut être par la quantité de matière organique plus élevée, favorisant une plus grande rétention d'eau.

D'autre part, nous constatons que le rendement a baissé avec la fumure de comparaison alors qu'il a augmenté avec *Hypnea* (respectivement -2 t/ha et +1 t/ha).

Après arrachage, nous avons observé qu'il y avait plus de plantes attaquées par les nématodes avec la fumure de comparaison, pour laquelle les feuilles sont aussi plus vertes avec des tâches blanches et des contours desséchés, caractéristiques du manque d'eau (NDIAYE, comm. pers.). On a également remarqué que la montaison a été beaucoup plus fréquente avec la future de comparaison, ce qui a dû provoquer le goût amer des feuilles dans ce traitement.

De façon générale, le poids moyen par pied est moins important qu'au premier essai, mais celui obtenu avec *Hypnea* reste toujours le plus élevé.

2.3. TROISIEME ESSAI

Les résultats obtenus sont présentés dans ce tableau :

Récolte

	RENDEMENT EN t/ha	RECOLTE PAR PARCELLE		PIEDS BIEN DEVELOPPES		PIEDS DEVELOPPES		PIEDS MAL DEVELOPPES ;	
		Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg
<i>Hypnea</i>	27,5	33	6,2	13	3,2	16	2,8	3	0,2
Fumure de compa- raison	19,5	32	4,4	10	2,6	11	1,4	11	0,4

Le rendement en poids a diminué pour les deux traitements par rapport au premier essai, de 17 % avec *Hypnea* et de 2,5 % avec la fumure de comparaison. En revanche, le pourcentage de pieds survivants est plus important dans cet essai : 94 % avec *Hypnea* et 91 % avec la fumure de comparaison. La baisse de rendement ne peut s'expliquer ni par la monoculture de laitue, ce légume fatiguant très peu les sols, ni uniquement par l'apport de sel avec *Hypnea* malgré la faible tolérance à la salinité de cette culture, la récolte ayant diminué dans les deux traitements.

Cependant, le pourcentage du nombre de pieds développés est plus élevé avec *Hypnea* : (39 % contre 31 % avec la fumure de comparaison).

Le poids moyen pour les pieds bien développés est moins important avec *Hypnea* (246 g contre 260 g pour la fumure de comparaison), mais pour les autres catégories la situation précédente est maintenue.

#### 2.4. QUATRIEME ESSAI

Les caractéristiques de la récolte sont présentées ci-dessous

#### Récolte

	RENDEMENT EN t/ha	RECOLTE PAR PARCELLE		PIEDS BIEN DEVELOPPES		PIEDS DEVELOPPES		PIEDS MAL DEVELOPPES	
		Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg	Nombre	Poids en kg
<i>Hypnea</i>	14	86	5,6	36	3,5	17	1,1	33	1,0
Fumure de Comparai- son	13,5	76	5,4	29	3,3	18	1,3	29	0,8

Le rendement de *Hypnea* est de 42 % par rapport au premier essai ; avec la fumure de comparaison, on a 67 %. Le pourcentage de pieds survivants augmente pendant ce temps avec 95 % de pieds par rapport aux plantes de départ avec *Hypnea* et 84 % avec la fumure de comparaison.

Le poids moyen d'un pied est plus important avec la fumure de comparaison pour ceux qui sont bien développés et plus faible pour le reste.

Les deux traitements ont presque le même rendement dans cet essai.

### 3 . C O N C L U S I O N

D'après les résultats de ces essais, on remarque qu'*Hypnea* est une bonne fumure sur la laitue donnant un rendement de 40 % supérieur à celui obtenu avec la fumure de comparaison. Cependant, les épandages successifs de cette algue pourraient ne pas être souhaitables à cause du sel apporté, car La laitue est très peu tolérante à la salinité et au bout de trois essais, on a une diminution de rendement de 59 % contre 35 % avec la fumure de comparaison. Ce ce fait, il serait peut être plus recommandé d'alterner cette fumure avec une autre moins ou pas salée ou la mélanger à une autre pour diminuer l'apport de sel.

B.XI- ESSAI SUR LE MIL SOUNA (*Pennisetum typhoides*)

1. ESSAIS EN POTS

1.1. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Lieu d'expérimentation : CRODT

Algues testées : *Hypnea* et *Cladophora*

Conditions d'utilisation : salées ou dessalées à l'eau douce et sèches à la dose de 7,5 t/ha.

Fumure de comparaison : 150 kg/ha de 8-18-27

Dispositif de plantation : capacité des pots : 2 litres

nombre de plantes par pot : 1

dispositif de l'essai : 6 traitements à 6

répliques réparties au hasard

Apport d'eau : pluvial strict en 1982 (voir annexe).

1.2. RESULTATS ET DISCUSSION

La croissance végétative est le seul critère de comparaison dans cet. essai, les pots n'étant pas assez grands pour mener les plantes jusqu'à la fructification.

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Hauteur moyenne en cm et écart type

TEMPS	TEMOIN ABSOLU	<i>Cladophora</i>		<i>Hypnea</i>		ENGRAIS F-18-27	
		Salée	Dessalée	Salée	Dessalée	150kg/ha	600kg/ha
30 jours	<u>12,5</u>	<u>15,5</u>	<u>1392</u>	<u>21,5</u>	<u>14,8</u>	21,5	19,0
	2,2	0,7	4,5	6,7	9,6	4,2	11,1
60 jours	<u>35,8</u>	<u>46,4</u>	<u>57,7</u>	<u>62,7</u>	<u>5392</u>	47,5	<u>36,5</u>
	11,5	14,9	8,6	10,5	8,6	8,5	16,
93 jours	<u>53,5</u>	<u>91,8</u>	<u>93,3</u>	94,4	<u>58,5</u>	57,5	<u>56,0</u>
	19,9	20,7	5,1	11,7	19,8	10,7	14,

A part le témoin absolu et les engrais minéraux, il n'y a pas de différence significative entre les divers traitements. Cependant la tendance est qu'*Hypnea* salée semble être le meilleur engrais en donnant aux plantes des hauteurs souvent supérieures à celle des autres traitements, du premier au troisième mois.

Avec des résultats inférieurs à ceux d'*Hypnea* salée, tout au long de l'essai, *Hypnea* dessalées semble avoir perdu une certaine quantité d'éléments nutritifs pendant le lavage (chapitre sur dessalage). On constate que les différences entre les hauteurs moyennes ne sont pas significatives chez *Cladophora* salée et dessalée car les écarts sont beaucoup trop élevés dans le même traitement (cf. chp. A.IV).

## 2 . E S S A I E N P L E I N E T E R R E

### 2.1. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Lieu d'expérimentation : CRODT

Algues testées : *Enteromorpha* brute, *Ulva* broyée dessalée ou salée, *Hypnea* dessalée, brute ou broyée et *Cladophora* salée brute ou broyée.

Dose d'utilisation : 7,5 t/ha

Fumure de comparaison : 10-10-20 à 150 kg/ha

Fumiers de cheval 7 t/ha et 14 t/ha

Epannage : en fumure de fond pour tous les traitements

Dispositifs de plantations : dimensions des parcelles : 2 m<sup>2</sup>

écartement : 50 cm x 30 cm

Apport d'eau: pluvial strict en 1982 (voir annexe).

### 2.2. RESULTATS ET DISCUSSION

La croissance végétative au cours du temps et le rendement en épis constituent les critères de comparaison des traitements, une intense prédation aviaire ayant empêché la quantification du rendement en grain.

2.2.1. Croissance végétative :

Hauteurs moyennes en cm au cours du temps

TEMPS	TEMOIN ABSOLU	150kg/ha 10-10-20	<i>Bryopsis</i> Brute	<i>Ulva</i>		<i>Hypnea</i>		<i>Cladophora</i>		FUMIER	
				Broyée	Dessal. broyée	Dessal.	Dessal.	Brute	Broyée	7t/ha	14t/ha
1 semaine	4,7	4,6	2,9	3,0	3,7	2,8	2,5	3,3	2,6	3,5	3
1 mois	44,9	64,7	33,0	41,4	64,2	50,9	46,2	47,4	46,6	43,8	38
2 mois	111	124	124	134	127	131	158	177	135	114	92

La hauteur moyenne des plantes n'est significativement pas différente suivant les traitements. Cependant, les fumures organiques (algues et fumiers) paraissent avoir peu d'effet sur les plantes pendant la première semaine, la hauteur moyenne dans ces traitements étant toujours inférieure à celle des végétaux dans le témoin (respectivement entre 2,8 et 3,7 cm et 4,7 cm pour le témoin). Ceci s'expliquerait par la période de latence qui précède la libération des éléments nutritifs lors de la décomposition des matières organiques.

A un mois de culture, les traitements avec matières organiques sont toujours moins efficaces sauf avec les algues dessalées et *Cladophora*, qui elles, provoquent une croissance plus importante et donnent des hauteurs supérieures à celles des plantes sans apport (témoin). A ce stade, la fumure minérale prédomine, avec des plantes de hauteur supérieure de 31 % à celles du témoin entre 1 et 49 % à celles des algues et de 32 à 41 % par rapport au fumier.

A deux mois, les algues sauf *Bryopsis* donnent les meilleurs résultats avec des moyennes qui sont jusqu'à 43 % supérieures à celles de la fumure minérale elle-même supérieure de 6 % au témoin et entre 8 et 26 % aux traitements avec fumiers.

Cette évolution des traitements s'expliquerait par la cinétique de libération des éléments nutritifs au cours du temps.

Parmi les algues utilisées dans cet essai, *Cladophora* paraît la meilleure fumure pour le mil.

Le broyage ne paraît avoir un effet positif qu'en début de culture jusqu'à un mois. Vers deux mois, cet effet est nul. Ce phénomène s'expliquerait par la libération des éléments nutritifs qui serait facilitée par le broyage et permettrait le lessivage des éléments minéraux tandis que les algues brutes les libéreraient progressivement.

### 2.2.2. Résultats de la récolte :

Nombre et dimensions des épis récoltés

	TEMOIN	10-10-	<i>Bryopsis</i>	<i>Ulva</i>		<i>Hypnea</i>		<i>Cladophora</i>		FUMIER		
				Brute	Broy.	Des. Broy.	Des. Broy.	Des.	Brute	Broy.	7t/ha	14t/ha
Nombre d'épis	45	53	48	41	35	51	58	39	41	38	55	40
Longueur moyenne d'1 épi	24,8	21,8	19,0	20,8	29,4	26,9	28,6	28,3	29,7	24,2	25,4	19,
Diamètre	1,4	1,2	1,4	1,3	1,6	1,4	1,3	1,5	1,5	1,3	1,3	1,

*Hypnea* dessalée et broyée donne le meilleur rendement en épis, en nombre et en dimension comparée à tous les autres traitements. *Cladophora* brute et *Ulva* broyée donnent les plus gros épis (respectivement 29,7 x 1,5 et 29,4 x 1,6 cm). Le fumier à 14 t/ha donne les plus petits épis avec la fumure minérale (19,4 x 1,2 et 21,8 x 1,2 cm).

En conclusion de cet essai nous pouvons dire que de façon générale, les algues sont de bonnes fumures pour le mil, car les épis sont généralement gros et l'épiaison assez bonne. Elles donnent de meilleurs résultats que le fumier seul dans les mêmes conditions d'utilisation.

3, ESSAI AU CENTRE ORSTOM  
DE BELAÏR

3.1. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Algues testées : *Ulva*, *Hypnea* et le mélange (50/50) *Ulva-Sargassum*  
Conditions d'utilisation : algues brutes, salées et séchées à 5 t/ha  
Fumure de comparaison : 8-18-27 à 150 kg/ha plus urée à 150 kg/ha  
Epanchages : algues et 8-18-27 en fumure de fond  
urée en fumure de couverture en 2 épanchages.  
Dispositif de plantation : dimension des parcelles : 8 m x 2,7 m  
écartement : 90 cm x 90 cm  
dispositif : 4 traitements à 4 répétitions  
réparties au hasard.  
Apport d'eau : pluvial strict en 1983.

3.2. RESULTATS ET DISCUSSION

La croissance des plantes et les épis constituent ici les critères de comparaison.

3.2.1. Croissance végétative :

Hauteurs moyennes en cm au cours du temps

TEMPS	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Ulva-Sargassum</i>	FUMURE MINÉRALE
30 jours	99	107	114	106
37 jours	138	156	159	151
44 jours	147	168	170	154
51 jours	155	173	174	157

Le mélange *Ulva-Sargassum* paraît avoir un très bon effet sur le mil. La hauteur moyenne à 30 jours est plus élevée que celle des autres traitements (7 % de plus qu'*Hypnea*). A 15 jours, la situation reste la même et la hauteur moyenne dans le traitement *Ulva-Sargassum* est de 10 % supérieure à celle de la fumure minérale, 11% à celle d'*Hypnea* mais reste proche de celle d'*Ulva*.

Ces résultats nous montrent que *Sargassum* améliore légèrement l'effet de *Ulva* sur le mil et que la fumure minérale est moins efficace que les algues dans les conditions de l'essai. Ce phénomène s'expliquerait par la rétention d'eau par les algues, car l'eau a été déficitaire en cours de culture.

### 3.2.2. Récolte :

Le tableau suivant présente les résultats obtenus à la récolte.

RENDEMENTS	<i>Hypn</i> en	<i>Ulva</i>	<i>Ulva - Sargassum</i>	FUMURE DE COMPARAISON
Poids total des pieds en t/ha	1,44	1,91	1,91	1,49
Poids moyen d'un pied en g	120,8	154,0	153,2	122,5
Nombre d'épis/ parcelle	99	123	127	113
Poids total des épis en t/ha NS	0,31	0,42	0,44	0,32

Pas de différence significative à P = 0,05

Ces résultats confirment ceux obtenus sur la croissance végétative. Les traitements *Ulva* et *Ulva-Sargassum* paraissent donner les meilleurs rendements aussi bien pour le nombre que pour le poids des épis. Cependant, il n'y a pas de différence significative entre traitements et les variations constatées ne sont que des tendances.

## 4. CONCLUSION

Les différences de hauteur entre les essais en pleine terre du CRODT et de l'ORSTOM Bel-Air, s'expliqueraient par le fait que les deux terrains sont totalement différents et peut être que la variété de mil (qui est le souna III pour l'essai) n'est également pas la même.

Pour chacun des trois essais, il n'y a pas de différence significative entre traitements, mais des tendances variables selon l'essai quant à l'efficacité de chacune des algues.

## B. X - ESSAI SUR LE MAÏS (*Zea mays*-VARIETE ZM10)

### 1. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Lieu d'expérimentation : centre ORSTOM Bel-Air

Algues testées : *Ulva*, *Hypnea* et mélange (50/50) *Ulva-Sargassum*

Condition d'utilisation : algues brutes, salées, séchées à 5 t/ha

Fumure de comparaison : 300 kg/ha de 8-18-27 avec 300 kg/ha d'urée

Conditions d'épandages : algues et S-18-27 en fumure de fond, Urée en fumure d'entretien

Dispositifs de plantations : dimensions des parcelles : 5 m x 2,7 m

écartement : 90 cm x 45 cm

dispositif (expérimental : 4 traitements en 4 répétitions réparties au hasard.

Apport d'eau : pluvial strict en 1983 (voir annexe)

Traitements phytosanitaires : pulvérisation de cymbush en cours de culture

### 2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 2.1. CROISSANCE VEGETATIVE

Evolution de la hauteur moyenne en cm au cours du temps

TRAITEMENTS TEMPS	<i>Ulva</i>	<i>Sargassum</i> + <i>Ulva</i>	<i>Hypnea</i>	FUMURE DF COMPARAISON
1 mois	49	47	53	44
1 mois et demi	86	72	86	65
2 mois	123	90	110	74

La croissance végétative au cours du temps est plus élevée avec le traitement *Ulva* où on obtient une augmentation de 7.5 % de la hauteur moyenne entre un mois et un mois et demi. Elle est par contre plus faible avec la fumure de comparaison avec un accroissement de 48 % de la hauteur moyenne, au cours de la même période.

## 2.2. RECOLTE

Le poids total des pieds après récolte pour chacun des traitements confirme le résultat obtenu sur la hauteur moyenne à deux mois. Les écarts entre traitements sont encore plus grands : *Ulva* permet un poids de 13 % **plus** élevé qu'*Hypnea*, 29 % de plus que le mélange *Ulva-Sargassum* et 60 % de plus que la fumure de comparaison. Le rendement en poids total des épis montre qu'avec le rendement pondéral en épis, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre traitements. Cependant, une tendance montre qu'*Ulva-Sargassum* et la fumure de comparaison sont deux à trois fois moins efficaces que les autres traitements.

Rendements en épis et poids des pieds

TRAITEMENTS RENDEMENTS	<i>Ulva</i>	<i>Sargassum</i> + <i>Ulva</i>	<i>Hypnea</i>	FUMURE DE COMPARAISON
Poids total des pieds en t/ha	9,9	2,8	3,4	1,5
Poids total des épis en t/ha N.S	1,4	0,7	1,4	0,5

CV = 65,6 %

Pas de différence significative à P = 0,05

## 3 . C O N C L U S I O N

Il semble d'après cet essai que la meilleure fumure pour le maïs serait donc *Ulva* ou *Hypnea*, cette dernière favorisant moins la croissance végétative. La fumure minérale seule semble peu efficace dans les conditions de l'essai. Ce phénomène s'expliquerait par le fait que l'essai a été conduit en pluvial strict entraînant un manque d'eau. De ce fait, les algues ont joué sur la rétention d'eau, comme toute autre matière organique.

B.XI - DISCUSSION SUR LES ESSAIS CULTURAUX

Les rendements obtenus lors des différents essais culturaux montrent que les algues sont de bons fertilisants dans les sols sableux . Leur efficacité est cependant variable selon la culture. Cette variabilité serait due aux besoins propres de chaque culture en éléments fournis par la fumure et à la disponibilité de ces éléments dans le temps.

Les tableaux suivants donnent les apports des différentes fumures.

Apports des fumures algales en kg/ha  
(pour 5 t algues/ha)

ELEMENTS	<i>Hypnea</i>	<i>Ulva</i>	<i>Cladophora</i>
N	141	72	84
P	13	7	37
K	47	65	246

Apport de fumures de comparaison (kg/ha)  
suivant les cultures

CULTURES ELEMENTS	TOMATE	OIGNONS	PATATE DOUCE	POMME DE TERRE	HARICOT VERT	MIL	MAIS
N	188	118	103	188	45	81	162
P	13	140	80	224	126	27	54
K	270	114	185	550	35	40	81

Les fumures de comparaison utilisées sont des composés que le CHD\* tente de vulgariser chez les paysans,

(\*) Centre pour le Développement de l'Horticulture/ISRA.

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des résultats obtenus.

Rendement en t/ha

cultures fumures	Pomme terre	de Patate douce	Tomates	Haricot vert	Oignon	Laitue	Mil	Maïs
<i>Hypnea</i>	14,8	23,2	28,3	3,3	22,3	33,2	0,3	1,4
<i>Cladophora</i>	16,3	22,5	21,5	5,3	17,9	-		
Témoin	9,9	20,6	18,5	5,5	13,2	-	0,4	1,4
Fumure de	41,0	41,7	35,8	4,4	28,6	20,0	0,3	0,5
Comparai- son								

Quelle que soit la culture, les algues sont utilisées à 5 t/ha donc apportent une teneur en N, P, K fixe, alors que la fumure de comparaison s'adapte à chacune d'elle. Les tableaux précédents montrent que pour la fumure de comparaison, les apports sont généralement plus importants qu'avec les algues surtout en ce qui concerne le phosphore (au moins deux fois). Cependant, dans la plupart des cas, les rendements obtenus sous fumure algale ne sont statistiquement pas différents de ceux enregistrés avec la fumure de comparaison. Ceci serait dû au fait qu'avec les engrais minéraux, il y a un lessivage qui entraîne une partie des éléments apportés, tandis qu'avec les algues ils sont libérés progressivement.

En règle générale, *Hypnea* paraît être l'algue qui fournit les meilleurs rendements pondéraux sauf pour la pomme de terre et l'haricot vert.

Par rapport à *Cladophora*, la meilleure efficacité d'*Hypnea* sur des cultures qui ont des besoins plutôt importants en potassium ou phosphore (voir plus haut), s'expliquerait par leur cinétique de décomposition respective. Cependant, dans certains cas où le moment des besoins correspond à la période de décomposition de *Cladophora*, cette explication est insuffisante. De ce fait, il semble qu'il y a intervention d'autres facteurs que nous n'avons pas étudiés (rôle des colloïdes organiques, rétention d'eau, rôle des oligoéléments, etc..).

Pour une meilleure efficacité des fumures algales, on pourrait envisager d'utiliser des doses fractionnées ou de faire des combinaisons d'algues.

C. ASPECTS **ECONOMIQUES**  
L'UTILISATION AGRICOLE **DES** ALGUES

## C. - ASPECTS ECONOMIQUES DE L'UTILISATION AGRI COLE DES ALGUES

Les essais culturaux ont montré que les algues du Sénégal peuvent être employées seules comme fertilisant pour beaucoup de cultures. L'évaluation de la ressource algale disponible a révélé une production annuelle qui peut atteindre plus de 10 000 tonnes en poids sec. De ce fait, l'étude de la rentabilité économique de la fertilisation par les algues nous paraît être un point essentiel à étudier pour une éventuelle utilisation du procédé.

### 1 . C O U T

#### 1.1 . RAMASSAGE

Le rendement pondéral du ramassage dépend de la quantité des dépôts, de leur répartition et de la salissure par le sable. En cas de collecte dans l'eau, il dépend non seulement de la quantité mais aussi de l'algue (configuration) et de l'outil utilisé.

##### 7.1.1. Vitesse de ramassage :

###### 1.1.1.1. A terre :

Pour les dépôts, plusieurs techniques de ramassage sont possibles suivant la quantité et la répartition des algues :

- En cas de gros dépôts : on peut opérer à la main ou à la fourche.

L'opération est dans ce cas assez rapide.

- En cas de petits dépôts plus ou moins bien répartis, on utilise d'abord le râteau pour rassembler les algues puis on les prend à la fourche ou à la main.

Notons que quand les algues ne sont pas prises à la main, la quantité de sable piégé peut atteindre 20 à 40 % du poids humide de la récolte.

Un essai effectué sur un dépôt d'ulves de 32 kg humides par m<sup>2</sup> ayant une épaisseur de 15 à 20 cm a donné les résultats suivants :

- avec un journalier payé indépendamment du rendement, on arrive à **46 kg sec** par heure,
- avec un journalier payé au kilo d'algues ramassé, on obtient un rendement de **55 kg sec** par heure.

#### 1.1.1.2. Ramassage dans l'eau :

Cette technique permet de piéger *très* peu de sable avec les algues. Cependant, elle est moins rapide et requiert un matériel adapté.

Deux essais ont été faits dans l'eau :

- un ramassage de *Cladophora* qui est filamenteuse
- un ramassage d'*Ulva* qui a une forme de feuille.

##### a. - Ramassage de *Cladophora* :

La collecte est effectuée avec un instrument comportant plusieurs rangées de crochets, traîné dans l'eau pour accrocher les algues. Le rendement ainsi obtenu est de **5 kg sec** par heure.

##### b. - Ramassage d'*Ulva* :

Les algues sont sorties de l'eau à la fourche. Le rendement obtenu est de **33 kg sec** par personne et par heure.

Ces deux rendements très différents s'expliquent par le fait que d'une part, le matériel de collecte est différent, les ramasseurs également (ceux employés pour *Cladophora* étant physiquement moins forts), d'autre part, le temps utilisé pour décrocher les algues dans le premier cas est plus long,

## 4.2. COUT DU KILO D'ALGUES SECHEES

Pour déterminer le prix du kilo d'algues sèches, deux hypothèses sont envisagées, en partant d'un rendement horaire moyen de **50 kg sec** par personne

### 1.2.1. Cas d'un prix fixe de 25 F le kilo :

Ce prix était pratiqué par la société "Sénégalgue" pour acheter aux ramasseurs le kilo d'*Hypnea* sec et sans sable en 1981 (MOLLION, comm. pers.). Dans ce cas, le ramasseur obtiendrait un salaire journalier de **10.000 F**.

### 1.2.2. Cas de recrutement d'un journalier :

Le salaire officiel d'un manoeuvre journalier travaillant 8 heures s'élève à 1 200 F. Le prix du kilo d'algues dans de telles conditions reviendrait à 3 F.

Ainsi, on observe un grand écart entre les deux prix du kilo d'algues (3 F et 25 F). Cependant, dans l'hypothèse du prix de 25 F le kilo, le salaire journalier de 10.000 F semble surestimé, car le rendement horaire réel d'un tel ramasseur est probablement inférieur à celui que nous avons eu (50 kg/h). Pour un tel prix, l'acheteur exige des algues triées avec un genre bien déterminé et sans sable ni coquillage.

Par contre, avec le prix de 3 F le kilo, le ramasseur prend tout ce qu'il trouve, (plusieurs espèces **et** genres, sable, etc.. .) et on obtient un produit de mauvaise qualité.

Pour ces raisons, les deux prix ainsi déterminés sont des extrêmes dépendant de la qualité demandée. Un prix de 10 F le kilo nous semble plausible pour un produit adapté à une utilisation comme engrais.

### 1 . 3. LE TRANSPORT

Le moyen de transport le plus fréquent dans le paysannat sénégalais est la charrette. De ce fait, nos calculs de coût sont tous basés sur ce type de véhicule. Une charrette d'algues de 320 kg égouttées (80 % d'eau) est payée 1 500 F pour un trajet de 7 km à l'intérieur de Dakar. En poids sec, cette charge représente 64 kg; le transport du kilo reviendrait donc à 24 F.

Dans le cas des autres fumures (fumier, coque d'arachide et déchets de poisson), le transport revient à 5 F par kilo.

Ainsi, le prix de transport du kilo d'algues serait cinq fois plus élevé que celui des autres fumures organiques. Dans ces conditions, diverses alternatives doivent être envisagées pour réduire ce coût, afin que l'algue reste compétitive. Tout d'abord, un séchage sur place permettrait de réduire le poids, afin de ne transporter que ce qui est utile. De plus on peut envisager d'effectuer le transport en sac au même prix que celui des autres matières organiques (100 F par sac). De même, on peut augmenter le poids d'algues transporté dans un sac en utilisant différents procédés:

- par entassement des algues : le poids des algues tassées dans des sacs (type sac de riz) peut atteindre 13 à 17 kg. Le coût du transport du kilo serait alors de 6 à 8 F.

- par broyage : le broyage nécessite des investissements (énergie et achat de broyeur) tels que toute l'économie réalisée sur le transport passerait en coût de transformation. Un sac d'algues broyée pèse 66 kg. Ainsi, le prix de transport du kilo reviendrait à 1,5 F,

- par construction de balles d'algues : les balles d'*Hypnea* constituées par la Société "Sénégalgue" pèsent environ 35 kg chacune. Le transport du kilo reviendrait alors à 3 F (si on envisage de considérer une balle comme équivalent à un sac d'algue). Cependant, cette méthode nécessite aussi certains investissements comme dans le cas du broyage.

Pour toutes ces raisons, le transport des algues entassées dans des sacs paraît être le meilleur moyen de réduction du coût de transport (6 à 8 F). Ce prix de transport compétitif des algues, permettrait une extension de la zone d'utilisation des algues (villages côtiers entre Dakar et Fadjout).

En ce qui concerne le transport sur de grandes distances, nous avons étudié le prix de location des véhicules automobiles susceptibles de transporter des algues à partir des zones de grands dépôts de Mbour et Joal.

Le tableau suivant nous donne ces renseignements

Prix de location suivant le lieu

A PARTIR DE JOAL	Distance en km	DAKAR	THIES	KAOLACK	KAYAR	DIOLJRBEL	LOUGA	
		120	90	120	120	150	180	
Prix de la location en F CFA.	Camion (10 t)	45 000	45 000	45 000	50 000	80 000	80 000	
	S.G.4 (4 à 5t)	25 000	25 000	25 000	30 000	50 000	45 000	
	Camionnette 404	15 000	25 000	25 000	-	23 000	25 000	
A PARTIR DE MBOUR	Distance en km	90	60	105	-	120	150	
	Prix de la location en F CFA.	Camion (10 t)	40 000	40 000	40 000	-	55 000	40 000
		S.G.4 (4 à 5t)	30 000	30 000	30 000	-	50 000	35 000
		Camionnette 404	17 000	17 000	17 000	-	20 000	25 000
Prix de revient du kilo d'algue transporté en F CFA		4 à 7	4 à 7	4 à 7	5 à 6	5 à 10	7 à 9	

N.B : Les prix de location ont été données par des mareyeurs.

Les algues ayant une très faible densité, les prix du kilo donnés dans ce tableau sont sousestimés et il faudrait compter environ le double pour les prix réels ; cependant, même dans ces conditions, le prix de l'algue serait encore compétitif.

#### 1.4 , SECHAGE

Le séchage des algues peut être effectué par plusieurs techniques (soleil, étuve, etc...). Cependant celle qui semble la plus adaptée et la moins chère en investissement est le séchage par le soleil et le vent..

Pour celà, les algues doivent être étalées en couches minces pour permettre une meilleure évaporation.

Ainsi on peut envisager deux solutions pour optimiser le procédé : soit étaler les algues à même le sol avec comme inconvénient un piégage du sable au ramassage soit l'utilisation de claies de séchage avec comme conséquence un investissement de départ. Cependant, la dépense peut être réduite par l'emploi de branchages ou de feuilles de palmiers.

## 2. RENTABILITE DU PROCEDE

### 2.1. PRIX DES FUMURES AUTRES QUE LES ALGUES

#### 2.1.1. Prix des engrais minéraux :

Le tableau suivant montre le prix des engrais minéraux en avril 1984 au "Niayes 2".

ENGRAIS	10-10-20	8-18-27	T.S.P	UREE	SULFATE D'AMMO.	NITRATE D'AMMO.	SULFATE POTASSE	NITRATE POTASSE	CHAUX MAGNESIE
Prix de la tonne	132 240	144 600	123 750	150 000	115 000	330 000	205 000	315 000	115 000

### 2.1.2. Prix des engrais organiques :

Actuellement trois engrais organiques sont fréquemment utilisés au Sénégal : le fumier, les déchets de poissons et la poudre d'arachide que l'on appelle également terre d'arachide. D'autres fumures sont aussi employées, souvent pour des cultures bien déterminées; par exemple : le tourteau d'arachide qui est enfoui au pied des choux pommés.

La poudre d'arachide coûte environ 18,000 F la tonne, les déchets de poissons 16.000 F et le fumier environ 12.500 F.

## 2.2. PRIX DE REVIENT DES CULTURES SELON LA FUMURE

Les prix de revient calculés ici sont ceux des fumures sans le transport. Le tableau montre par les rapports de prix de revient que la fumure de comparaison coûte plus cher (2 à 8 fois plus) que la fumure algale sur toutes les cultures. Pour le mil, les conditions de cultures étant peu favorables, il est difficile de tirer une conclusion.

La rentabilité de l'algue est plus élevée pour la pomme de terre, la tomate et l'oignon qui sont les légumes les plus cultivés et les plus consommés au Sénégal.

En conclusion, nous pouvons dire que les algues constituent une très bonne fumure pour les cultures testées. Pour le même rendement elles reviennent 2 à 8 fois moins cher que les fumures de comparaison utilisées dans ces essais. De plus, les algues étant employées en fumure de fond donc en un seul épandage, il en résulte un gain de temps appréciable pour le paysan.

Nous avons précédemment vu que la quantité d'algues annuellement disponible était de l'ordre de 10,000 tonnes. Cette biomasse végétale pourrait donc, à raison de 5 t/ha, fertiliser 2.000 hectares. Il est bien évident que cette superficie reste faible par rapport au total des sols cultivés au Sénégal et que cette méthode de fertilisation ne peut pas révolutionner l'agriculture sénégalaise, ni apporter une solution globale et définitive au problème du renchérissement du coût des engrais minéraux.

En revanche, cette nouvelle technique de fumage et d'amendement des sols permettra :

- d'une part, la mise en valeur d'une partie des sols "Dior" qui rappellent les sols les plus pauvres en matières organiques et les plus difficiles à fertiliser par les engrais minéraux du fait de leur texture,

- d'autre part, une augmentation de la production maraîchère globale à moindre frais.

Prix de revient des cultures

CULTURES		Patate douce	Pomme de terre	Tomates	Oignons	Haricots verts	Laitue	Mil	Maïs
Prix par hectare de la fumure algale		50 000	50 000	50 000	50 000	50 000	75 000	50 000	50 000
Prix par hectare de la fumure de comparaison		123 587	406 990	452 000	318 097	171 135	155 000	44 190	84 672
Rendement en t/hectare	Algue	23,7	23,5	20,0	22,3	6,2	33,2	0,4	1,4
	Fumure de comparaison	22,7	41,0	35,3	19,1	7,2	20,0	0,3	0,3
Prix de revient de la tonne	Algue	2 155	2 128	1 786	2 242	8 064	1 506	25 000	35 715
	Fumure de comparaison	5 441	9 926	12 804	10 931	23 769	12 750	147 300	169 344
Rapport des PRC/PRA		2,53	4,66	7,17	4,87	2,95	8,47	1,18	4,74

PRC = Prix de revient de la tonne récoltée avec la fumure de comparaison

PRA = Prix de revient de la tonne récoltée avec la fumure algale.

## D - CONCLUSION GÉNÉRALE

### 1 . ESSAIS CULTURAUX

Tous nos essais ont été menés sur sol "Dior" ou sol de dune qui est le plus pauvre et le plus fréquent au Sénégal,

La majeure partie d'entre eux a été effectuée en culture irriguée ; les quelques essais réalisés en culture pluviale, et ce lors d'un hivernage peu favorable, sont ceux sur les céréales.

Il est certain qu'une expérimentation culturale plus poussée, réalisée selon les méthodes officielles serait encore nécessaire pour aboutir à des conclusions plus fiables et plus généralisables. Des essais seraient souhaitables sur d'autres types de sol, à différentes saisons avec des rotations et surtout portant sur une base statistique plus large.

Cependant, aussi fragmentaires soient-ils, nos essais ont montré que l'utilisation agricole des algues est adaptable au Sénégal et ouvrent de nombreuses voies pour les études ultérieures.

Nous avons vu que les trois algues principales sur les grèves du Sénégal (*Ulva*, *Hypnea*, *Cladophora*) ont un effet bénéfique sur les rendements: Cet effet est d'autant plus remarquable que les apports tant en éléments minéraux (N, P, K) qu'en matière organique totale, sont largement inférieurs à ceux de la fumure de comparaison. Cet effet serait probablement le résultat ou la combinaison avec d'autres composants (Oligo éléments, colloïdes organiques (par la rétention d'eau), facteurs de croissance) ?

Aucun effet phytosanitaire n'a pu être décelé au cours de nos essais. Comme mentionne, le mode d'application est probablement à l'origine de cette contradiction avec les arguments de vente des extraits d'algues (fumure par les racines dans notre cas et aspersion foliaire dans celui des extraits).

Il est apparu que les réactions des cultures aux trois algues étudiées étaient variables ; pour la patate douce, la tomate et l'oignon, *Hypnea* paraît être la meilleure fumure tandis que pour le haricot vert et la pomme de terre *Ulva* permet d'avoir les meilleurs rendements, ; pour le mil et le maïs, *Ulva* et *Hypnea* donnent à peu près les mêmes rendements, Nous avons attribué ces différences de réaction à la fois à la composition chimique des algues et à leur cinétique de dégradation dans les sols. Plusieurs voies d'études ultérieures apparaissent au vu de ces résultats :

- Quelle est la production d'acides humiques et donc la modification à long terme du sol ?

- Une combinaison d'algues serait-elle utile en dehors des impératifs matériels ) ?

- Des apports fractionnés seraient-ils efficaces (là encore, abstraction faite des problèmes de coût) ?

- Un compostage préalable serait-il réellement utile ?

## 2 . E F F E T D U S E L

Nous avons vu que le sel apporté par les algues provient de l'eau de mer absorbée par capillarité. Des expériences en cases lysimétriques ont montré que la teneur en sel dans le sol pour des doses d'épandage jusqu'à 5 t/ha était négligeable et que ce sel migre vers la nappe. Il y a donc lieu de minimiser ces apports salins en éliminant le maximum d'eau de mer avant son évaporation sur l'algue.

La centrifugation est pour cela très efficace mais reste cependant peu pratique pour de grosses quantités.

On pourrait imaginer d'autres procédés mécaniques (des presses en continu par exemple). Le rinçage à l'eau douce semble exclu même en ayant recours à des distillateurs solaires, car son coût serait trop élevé.

## 3 . A S P E C T E C O N O M I Q U E E T S O C I O L O G I Q U E

Le prix de revient de la récolte pour l'ensemble des cultures testées est 2 à 8 fois plus élevé avec la fumure de comparaison par rapport aux algues. Cet aspect de la fumure algale représente son plus grand intérêt pour le paysan sénégalais qui a en général peu de ressources et pour qui un faible investissement est essentiel.

L'étude économique montre également que les algues peuvent représenter un engrais compétitif surtout si leur coût de transport peut-être minimisé pour l'emploi de sacs ou un compactage.

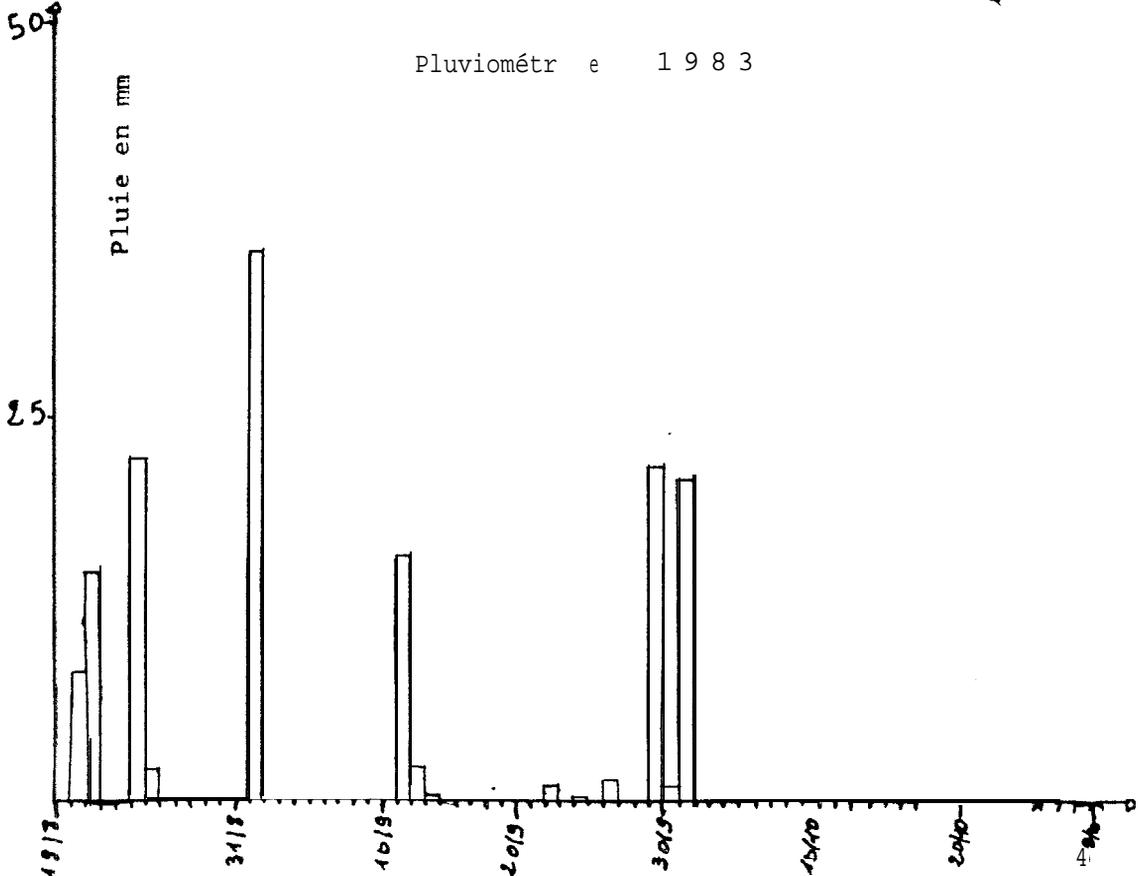
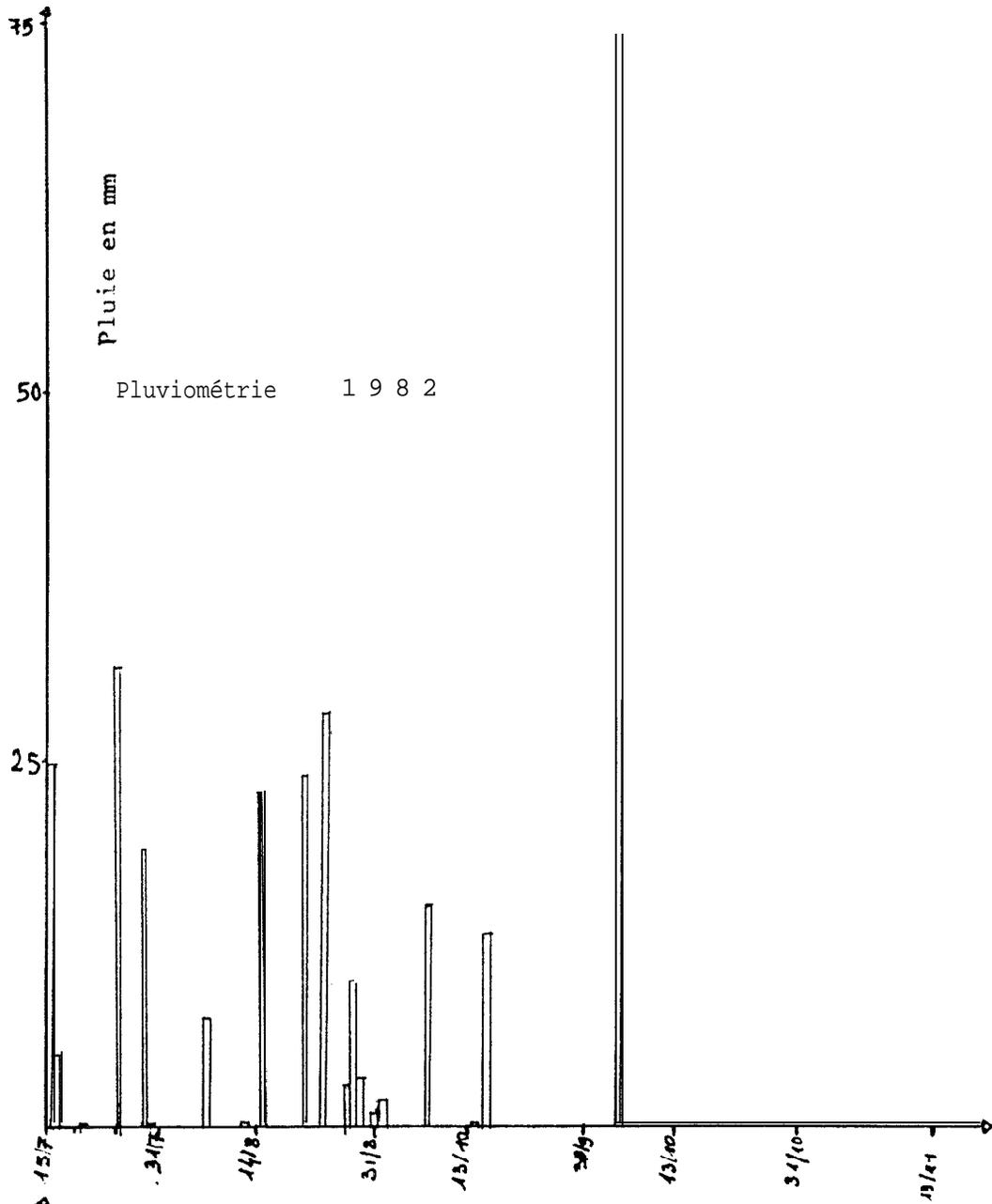
Cependant, il reste à déterminer jusqu'où un chargement d'algues reste compétitif par rapport à des fumures plus traditionnelles (fumier, coques d'arachides, déchets de poisson) dont l'abondance est aussi variable.

#### 4 , D E V E L O P P E M E N T U L T E R I E U R

Dans notre estimation sur les quantités disponibles, dont nous avons relevé la grande variabilité (1000 à 10.000 tonnes), nous n'avons tenu compte que des dépôts naturels, échoués sur les plages. Nous n'avons aucun moyen d'estimer, même grossièrement, quelle part de la biomasse algale totale est ainsi rejetée au rivage. S'il devait apparaître qu'une exploitation plus poussée de cette biomasse est souhaitable (quel que soit le domaine d'application), plusieurs voies d'études s'ouvrent :

- Déterminer les cycles de croissance et de dérive des algues,
- Préciser leur rôle dans la biocoenose littorale,
- Etudier les possibilités technologiques d'une récolte intensive des algues en dérive ou fixées.
- A plus long terme, étudier les possibilités de culture soit en mer (radeaux, filets, etc...) soit en bassin à terre.

ANNEXE



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

- ABETZ (P.), 1974.- Seaweed extracts : have they a place in Australian agriculture or horticulture. J. Aust. Agric. Sci. 46/1, 23-29. 1970.
- Anonyme, 1975.- Materials for composting. The complete book of composting by the staff of organic gardening and farming magazine. ed by Y.1 Rodale. Rodale Books, INC EMMAUS, PENNA.
- ASINARI di SAN MARZANO (C.M.), NAVEAU (H.P.) and NYNS (E.J.), 1981.- Production of methane from freshwater macro-algae by an anaerobic two-step digestion system. In Energy from biomass, 1st E.C. Conférence (4-7 Nov. 80) ed. W. PALZ, P.CHARTIER, D.O. HALL, Applied Science publishers Ltd., London, p. 392-397.
- AUGIER (H.), 1979.- Les hormones des algues. Etat actuel des connaissances : Recherches et tentatives d'identifications des gibberellines, des cytokinines et diverses autres substances de nature hormonale. Bot. Jar. 19, p. 245-254.
- AUGIER (H.), 1976.- Les hormones des algues. Etat actuel des connaissances, Recherches et tentatives d'identification des auxines. Bot. Mar.,!? v. 127-143.
- BAKER (J.T.), 1983.- Seaweeds in pharmaceutical studies and applications. XIth internat. Seaweed Symp. Qingtao.
- BEHAL (K.K.), GUPTA (A.B.), 1983.- The relative importance of marine and freshwater algae as fertilizer. XIth internal. Seaweed Symp. Qingtao
- BENZ (M.C.), EISEMAN (N.J.) & GALLAHER (E.E.), 1979.- Seasonal occurrence and variation in standing crop of a drift algal community in the Indian River, Florida, Bot. Mar. 22 : 413-420.
- BESNARD (W.), 1948.- Les produits d'origine marine et fluviale. Etudes des matières premières : origines, applications alimentaires et industrielles. Leur importance dans l'économie mondiale. Payot. Paris.
- BLUNDEN (G.), WILLDGOOSE (P.B.) et NICHOLSON (F.E.), 1974.- The effects of aqueous seaweed extract on sugar beet. Proc. 8th internat., Seaweed Symp., Santa Barbara, 667-672.
- BODARD (M.), 1966.- Première liste des espèces d'algues présentes sur la pointe de Sarène (Sénégal), Notes africaines IFAN n° 111. Juillet 1966 p. 81-89.
- BODARD (M.), 1971. Etude de la flore marine de la Petite Côte sénégalaise. Doc. Int. ORSTOM (polygr.), 62 p.
- BODARD (M.), MOLLION (J.), 1974.- La végétation infralittorale de la Petite Côte sénégalaise. Soc. Phycol. de France, Bull. 19, 1974, p.193-221.
- BOOTH (E.), 1969.- The manufacture and properties of liquid seaweed extracts. Proc. 6th Seaweed symp. p. 655-662,

- BOOTH (E.), 1981.- Some factors affecting seaweed fertiliers. Proc. 8th internatl. Seaweed Symp., Santa Barbara, 1974, 661-665.
- BRANSON (R.L.), 1976.- Soluble salts, exchangeable sodium and boron in soils. Soil and Plant Tissue Testing in California. pp. 42-45. Div. of Agric. Sci. University of California Ed. by H.M. Reisenauer.
- BULL (A.T.), HOLT (G.) & LILLY (M.D.), 1982.- Biotechnologie : tendances et perspectives internationales, O.C.D.E. (Paris) 1982 : 97 p.
- CHASSE (C.), 1982.- Les algues, une richesse mal exploitée. Oxygène n° 37, p. 11-16.
- CHAUDRY (S.), 1982.- Création d'une industrie des algues axée sur l'exportation. FORUM commerce Internat. avril-juin 1982 p. 12-15 et 32-33.
- CHENNUBHOTLA (V.S.K.), KALIAPERUMAL (N.) & KALIAMUTHU (S.), 1981.- Seaweed recipes and other practical uses of seaweeds. Seafood Export-journal. 13/10 oct.
- CHENNUBHOTLA (V.S.K.), KALIAPERLJMAL (N.) & KALIAMUTHU (S.) *et al.*, 1982.- Seasonal changes in growth and Alginic acid and Mannitol. Contents in *Sargassum illicifolium* (Turner) Agardh and *S. myrio custum* (Agardh) Indian J. Mar. Sci. 11 : 195-196.
- COON (D.), 1974.- Measurements of harvested and unharvested population of the marine crop plant *Macrocystis* Proc 8 th internat.. Seaweed Symp. 1981 - 678-686.
- DANGEARD (P.), 1952.- Algues de la presqu'île du Cap-Vert (Dakar) et de ses environs. Botaniste, ~~ser 36~~, L.VI. 193-329.
- DELAS (J.), MOLOT (C.), 1983.- Effets de divers amendements organiques sur les rendements du maïs et de la pomme de terre cultivés en sols sableux. Agronomie 3 (1), p. 19-26.
- DIAZ-Piferrer (M.), 1979.- Contribution and potentialities of Carribean Marine Algae in pharmacology dans Marine Algae in Pharnaceutical Science, ed by H. Hoppe, T. Levring, T. TANAKA, W DE GRUYTER.
- DHARGALKAR (v.K.), JAGTAP (T.G.) et UNTAWALE (A.G.), 1980.- Biochemical constituents of seaweeds along the Maharashtra coast. Indian J. mar. Sci. 9/4 : 297-299.
- DOMAIN (F.), 1977.- Carte sédimentologique du plateau continental sénégalien (extension à une partie du plateau continental de la Mauritanie et de la Guinée Bissau). Service cartographie de l'ORSTOM.
- DUTIL (P.), JUSTE (C.), 1964.- Phytotoxicité de l'Aluminium dans les sols des landes en relation avec la présence d'alios à faible profondeur. Académie d'Agriculture de France. Extrait du procès verbal de la séance du 11 mars (Note présentée par M. BARBIER) p. 434-441.
- DUVAL (L.), 1966.- Les amendements humiques et calcaires d'origine marine. Bull. Mayenne Sci., 58-64.

- FELLER (C.), CANRY (F.) & CHEVAL (M.), 1981.- Decomposition and humification of plant residues in a tropical agrosystem 2. Agron, trop. 36/1:18-25.
- FELLER (C.) & GANRY (F.), 1982.- Décompositions et humification des résidus végétaux dans un agro-système tropical. 'III effet du compostage et de l'enfouissement de divers résidus de récolte sur la répartition de la matière organique dans différents compartiments d'un sol sableux. Agron. trop. 27/3, 262.
- FORTES (M.D.) & LUNNING (K.), 1980.- Growth rates of North sea macroalgae in relation to temperature, irradiance and photoperiod. Helgoländer Meeresunters. 34 : 15-29.
- GAGNE (J.A.), MANN (K.H.), CHAPMAN (A.R.O.), 1982.- Seasonal patterns of growth and storage in *Laminaria longicruris* in relation to differing patterns of availability of nitrogen in the water'. Mar. Biol. 69/1, 91-101.
- GENDRON (L.), 1983.- Comparaison of 3 methods for estimating biomass production of fronds in *Laminaria longicruris*. XIth internat.. Seaweeds Symp. Qingtao.
- GERARD (V.A.), 1982.- In situ water motion and nutrient uptake by the giant kelp *Macrocystis pyrifera*. Mar. Biol. 69/1 : 51-54.
- GRENAGER (B.), & BAARDSETH (E.), 1966.- A two state sampling method of estimating seaweed quantities. Proc. 5th internatl. Seaweed Symp. Halifax, Aug. 25-28, 1965, Pergamon Press).
- GUPTA (U.C) & MAC LEOD (J.A.), 1982.- Effect of "Sea Crop 16 and Ergostim" on crop yields and plant composition, Can J. Soil Sci 62 : 527-532,
- GUIST (G.G. Jr.), DAWES (C.J.) & CASTLE (J.R.), 1982. - Mariculture of the red seaweed (*Hypnea musciformis*). Aquaculture 28/3 -4 : 375-384.
- GREENWAY (H.) & MUNNS (R.), 1980.- Mechanism of salt tolerance in non halophytes. Annu. Rev, Plant Physiol 31 p. 149-190.
- GUNNILL (F.C.), 1983.- Seasonal variations in the invertebrate faunas of *Pelvetia fastigiata* (Fucaceae) : Effets of plant size and distribution. Mar. Biol, 73/2 :115-130.
- HALLISON (G.V.), 1964.- The uses of seaweed in Iceland. Proc 4th internat. Seaweed Symp. Biarritz, 1961 : (Pergamon Press) 398-405.
- HANISAK (M.D.), 1979.- Growth latterus of *Codium fragile* spp *tomentoides* in response to temperature, irradiance, salinity and nitrogen source. Mar. Biol. 50 : 319-332.
- HANISAK (M.D.), WILLIAMS (L.D.) & RYTHER (J.H.), 1980.- Recycling the nutrients in residues from methane digesters of aquatic macrophytes for new biomass production. Ressour. Recovery Conserv. 4/4 : 313-323.
- HANISAK (D.M.) & RYTHER (J.H.), 1983.- Cultivation biology of *Gracilaria tikvahiae* in the United States, XIth internatl. Seaweed Symp. Qingtao.

- HART (M.R.), DE FREMERY (D.), LYON (C.K.) & KOHLER (G.O.), 1978.- Processing of *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyceae) for fermentation to methane. Proc. internat.. Seaweed Symp., 473 - 498.
- HELLEBUST (J.A.), 1976.- Osmoregulation. Annu. Rev. Plant Physiol. 27, p. 485-505.
- HUQ (S.M.LI.) & LARHER (F.), 1983.- Osmoregulation in higher plants : Effects of NaCl salinity on nonnodulated *Phaseolus aureus* L. : 1. Growth and mineral content. II : Changes in organic solutes. New Physiol. 93/2 , 203-216.
- JACKSON (G.A.), 1977.- Nutrients and production of giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, off southern California. Limnol. Oceanogr. 22/6 : 979-995.
- JENSEN (A.), 1977.- Industrial utilisation of seaweeds in the Past, present and future. Proc. 8th internatl. Seaweed Symp. Santa Barbara.
- JIAO (Bin.), 1983.- Utilization of green manure for raising soil fertility in China. Soil Sci. 135/1 : 65-69.
- JOSSELYN (M.N.) & MATHIESON (A.C.), 1980.- Seasonal influx and decompositions of autochthonous macrophyte litter in north-temperature estuary. Hydrobiologia 71/3 : 197-208.
- JUSTE (C.), GRECIET (Ph.), ROUGINE (R.) et WILBERT (J.), 1971.- Relations entre la teneur en matière organique du sol et le rendement des cultures de maïs non irriguées dans la zone sableuse des landes Gascogne. Présenté par HENIN (M.S.). Académie d'Agriculture de France. Extrait du proces verbal de la séance du 13 janvier 1971, p. 68-71.
- KANEDA (T.), ABE (S.), 1983.- Hypocholesterolemie effect of seaweeds in rats. XIth internat. seaweed symp. Qingtao.
- KALIMUTHU, (S.), KRISHNAMURTHY, CHENNLJBHOTLA (V.S.), SELVARAJ (M.), NADMUDDIN (M.) & PANIGRAHY (R.), 1980.- Alginic acid and Mannitol contents in relation to growth in *Stoechospermum marginatum* (C. Agardh) Ruetzing. Indian J. Fish vol. 27 n° 1-2 : p 267-269.
- KIRSCHE (C.), VIAUD (P.), 1983.- Fabrication de composte à partir d'algues marines. Chimie marine pour le développement. Environnement africain ed. J.M. KERNPROBST.
- KOICHI (I.), 1981.- Differential Fatty Acid composition of some marine algae associated with their habitat depths. Proc. of 8 internat. Seaweed Symp., (1974) 573-577.
- LANGLEY (J.), 1980.- Liquid seaweed : myth or magic ? New Zeland Journal Agric. 140/2 , 47-49.
- LEFEBVRE (C.), 1982.- Etude d'un fertilisant foliaire extrait d'algues brunes. Mémoire de D.E.A. en biologie appliquée. Université des Sciences et techniques de Lille.

- LEGROS (A.), ASINARI di SAN MARZANO (C.M.), NAVEAU (H.P.) & NYNS (E.J.), 1982.- Methane production by anaerobic digestion of algae. in : "Energy from biomass", proc. EC Contractors Meetg, brussels, 5-7 May 1982 Ser. E. vol. 3 ; ed. by G. GRASSI and W. PALZ (Reidel Publ. Cy.), p 150-157.
- LIU (X.Y.), LIU (X.Z.), XIAO (T.) & CHEN(D.), 1983.- Fermented *Laminaria* blades as feed for raising marine animals. XIth internatl. Seaweed Symp. Quintao.
- MAAS (E.N.) & NIEMAN (R.H.), 1978.- Physiology of plant tolerance to salinity in Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions (C.A. Jung. ed) ASA Spec. Publ. n° 32 ,277-299.
- MASS (E.V.) & HOFFMAN (G.J.), 1977.- Crop salt tolerance - current assessment Journal of irrigation and drainage Division ASCE vol 103/IR2. Proc. paper, p. 115-134.
- MANN (K.H.), 1974.- Decomposition of marine macrophytes. in : The role of terrestrial and aquatic organisms in decomposition processes. Ed by M.J. ANDERSON and MACFADYEN (Blackwell Scientific Publication, 1975); p. 247-267.
- MEINESZ (A.), CUVELIER (M.) & LAURENT (R.), 1981.- Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers ; de phanerogrames marines. Leurs applications sur les côtes françaises de la Méditerranée. Vie et Milieu 31 n° 1 ; 27-34.
- MILTON (R.F.), 1961.- Liquid seaweed as fertilizer. Proc. 4th. internatl. Seaweed. Symp., 428-431.
- MILTON (R.F.), 1964.- Liquid seaweed as fertilizer. 4ème Congrès international des Algues marines. Biarritz 1964 p. 428-431.
- MOLLION (J.), 1975.- Etude quantitative d'une formation végétale marine de l'infra littoral supérieur au Sénégal, Bulletin de l'IFAN T.37 Série A n° 3.
- MOLLION (J.), 1979.- L'exploitation des algues au Sénégal : Situation actuelle et perspectives. Bull. Assoc. Avancement Sci. nat. Sénégal 67.
- MUNDA (T.M.) & MARKHAM (J.W.), 1982.- Seasonal variations of vegetation *Littorinus* and biomass constituents in the rocky littoral of Helgoland. Helgoländer Meeresunters., 35 : 131-151.
- MURAKAMI (Y.), NISIZAWA (K.) & AWAYA (K.), 1983. Utilization of bursted algal meal as feed for domestic animals and fowls. XIth internatl. Seaweed Symp. Quintao.
- MYKLESTAD (S.), 1963.- Experiments with seaweed as supplemental fertilizer in Proc. 4th internatl. Seaweed, Biarritz, 1961 (Pergamon Press) ; p. 432-438.
- NAYLOR (Y.), 1977.- Production, commerce et utilisation des algues marines et produits dérivés. FAO. Doc. Tech. sur le pêches n° 159 p.12-13.

- NIELL (F.X.) & MOURINO (C.), 1981. Cotenido en carbono y nitrogeno en macrofitos intermareales. Invest. pesq. 45/1 : 187-210.
- OHNO (Masao), 1983.- Observations on the floating seaweeds in nearshore water of southern Pacific of Japan. XIth internalt. Seaweed Symp. quingtao.
- O'NEAL (S.W.) & PRINCE (J.S.), 1982.- Relationship between seasonal growth photosynthetic production and Apesc mortality of *Caulerpa paspaloides*. (chlotophyceae). Mar. Bfol. 72/1 , 61-67.
- PARKER (H.S.), 1981.- Influence of relative water motion on the growth, ammonium uptake and carbon and nitrogen composition of *Ulva lactuca* (chlorophyta). Mar. Biol. 63/3 : 309-318.
- PARKER (H.S.) 1982.- Effects of simulated current on the growth rate and nitrogen metabolism of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyta) Mar. Biol. 69/2 p. 137-145.
- RIBIER (J.), GODINEAU (J.C.), 1984.- Les algues, Flammarion.
- RICE (D.L.) & TENORE (K.R.), 1981.- Dynamics of carbon and nitrogen during the decomposition of detritus derived from estuarine macrophytes. Est. Coast. Shelf Sci. 13/6 : 681-690.
- RYTBER (J.H.) *et ai'* ., 1980.- Studies on biomass and biogas production by aquatic macrophytes. in : Proc. Bio. energy. April 21-24, 1980, p. 130-133.
- SAUVAGEAU (C.), 1920. Utilisation des algues marines. Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr TOULOUSE. Gaston Doin et Cie, éditeurs à PARIS.
- SCOTT (A.), 1968.- Les sols, Nature, propriétés, améliorations. Librairies Beauchmin L. (Montréal) 1968.
- SOURIE (R.), 1954.- Contribution à l'étude écologique des côtes rocheuses du Sénégal. Mém. IFAN n° 38, 342 p.
- STEPHENSON (J.W.), 1981.- The effect of seaweed extract on the yield of a variety of field and grasshouse crops. Proc. 8th internat. . Seaweed Symp. ; Santa Barbara, 1974 (Pergamon Press), 740-744.
- SUMITRA-VIJAYARAGHARVAN, RAJAGOPAL (M.D.) & WAFAR (M.V.M.), 1980.- Seasonal variations in biochemical composition of some seaweeds from Gao coast. Indian J. mar. Sci. 9/1 : 61-63.
- TIESSEN (H.), & STEWART (J.W.B.), 1983.- Participe size fractions and their use in studies of soil organic matter. II : Cultivation effects on organic matter composition in size fractions. Soil Sci. Soc. Am. J. 47/3 : 509-514.
- VAN DER VEKEN et G. DE LANNOY, 1973.- Synthèse de quelques aspects de la culture de la patate douce. CDH (Sénégal)..

- VINCENT (V.), 1924.- Les algues marines et 'Leurs emplois agricoles , alimentaires, industriels. Quimper. Imprimerie Edouard Menez. p. 114-143.
- YAMAMOTO (T.), 1972.- Chemical studies on the seaweeds (27). The relations between concentration factor in seaweeds and residence time of some elements in sea water. Rec. Oceanogr. Works Japan 11/2 :65-72.
- ZUANG (H.), 1976.- La fertilisation des cultures légumières. Centre technique-interprofessionnel des fruits et légumes.