

"LES MAREES VERTES"

Premier bilan concernant les essais de valorisation

D. BRAULT, X. BRIAND, P. GOLVEN -

Centre d'Expérimentation et de Recherche Appliquée en Algologie - BP 3 22610 PLEUBIAN

Les côtes bretonnes, et plus précisément les zones estuariennes et les baies, sont depuis 1968 le siège de l'arrivée régulière et saisonnière de quantité importante d'algues vertes *Ulva lactuca*.

Ce phénomène inhabituel, nouveau, a tout naturellement pris pour nom, sur ces côtes habituées aux marées noires, celui de "marée verte". Ceci représente bien l'importance du phénomène aux yeux des riverains qui, mieux que quiconque, savent que la seule solution actuelle réside dans le ramassage.

Un exemple : la Baie de LANNION en 1982

Les faits :

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

Sur 8 km de plages, les services de l'équipement ont fait procéder à l'enlèvement de 25 000 m³ de ces algues vertes, extrêmement fermentescibles, entre les mois de Mai et de Septembre, c'est-à-dire en pleine saison estivale.

Conséquences

- Désaffection des estivants (odeur pestilentielle, 2000 rotations de camions...) en zone touristique : la côte de Granit Rose.
- Coût élevé : 600 KF en 1982, pour 3 communes de petite taille (3447, 396, 156 habitants respectivement) uniquement pour la collecte.
- Un ramassage qui ne constitue qu'un transfert de pollution : en effet, pour restreindre les frais, les algues sont stockées, en décharge contrôlée, proche des zones touchées. On assiste alors à une liquéfaction rapide de l'algue, et au bout de un an, on ne retrouve plus que du sable. Les jus très riches en matière organique et acides gras volatils retournent dans la Baie par l'intermédiaire des cours d'eaux douces et participent au phénomène d'eutrophisation de la baie.

Causalités

Pas de certitudes à ce jour. Un simple faisceau de présomptions concernant l'enrichissement des eaux estuariennes en sels nutritifs. N'oublions pas que le département des Côtes-du-Nord est le premier département avicole français, que ce même département et le Finistère produisent 30 % de porc charcutier français, et que nous nous trouvons en pleine zone légumière.

Des études menées actuellement par différentes équipes devraient nous éclairer rapidement sur ce dernier point.

Perspectives

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

Objectifs

S'il n'est pas concevable d'agir aujourd'hui efficacement en amont du phénomène, c'est-à-dire sur les techniques culturales (épandage d'engrais, de lisier, remembrement, arrasement des talus...), les techniques piscicoles, les rejets industriels et urbains, il apparaît nécessaire de tenter de valoriser, ou du moins de traiter cette matière première qui possède, ne l'oublions pas, comme tout déchet une valeur négative, et ainsi de proposer aux communes touchées des solutions quant au traitement de la matière première. Ces solutions ne peuvent être que multiples afin de s'adapter aux situations de terrain qui sont très diverses et fonction de l'équipement actuel des communes (moyens de ramassage et usine de traitement des ordures...), ainsi que de l'intensité du phénomène "marée verte".

TRAITEMENT DE L'ALGUE VERTE : ESSAIS DE VALORISATION

1) Fabrication d'amendements organiques

Les essais d'épandage direct sur les cultures de l'algue verte récoltée sur les plages polluées, suivis par la Chambre d'Agriculture des Côtes-du-Nord, montrent que ceux-ci, contrairement aux épandages d'algues brunes qui se font depuis des temps immémoriaux, ont pour des doses supérieures à 50 tonnes/ha un effet dépressif sur les cultures (PELEE, 1982), tandis qu'en dessous de 50 tonnes/ha les quantités de matière organique, N, P, et K apportées ne justifient en aucune façon le temps passé par l'agriculteur à l'épandage.

Dès lors, la stabilisation de la matière première par compostage, c'est-à-dire la dégradation des composantes biodégradables de déchets organiques en conditions contrôlées, s'est avérée nécessaire avant toute utilisation agronomique.

Autres avantages de cette opération :

- Elimination possible de 100% de la matière première collectée,
- opération facilitée par le caractère éminemment fermentescible de l'algue verte
- opération facile à mettre en oeuvre par une collectivité.

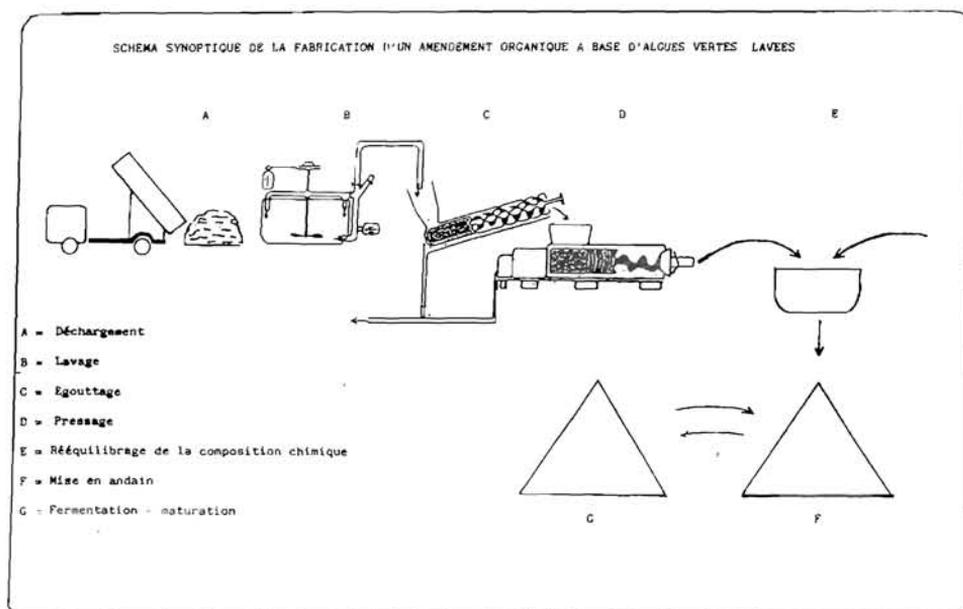
Dans un premier temps, les opérations ont consisté à conférer à la matière première les caractéristiques physico-chimiques les plus proches des caractéristiques théoriques optimales de compostage (tableau 1).

Tableau 1 : caractéristiques physico-chimiques de l'algue verte (Ulva) et du produit prêt à composter

| Matière première Paramètre | ULVA | Produit prêt à composter (optimum) |
|-------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Matière sèche | 12 - 20 % | 30 - 50 % |
| Matière minérale | 30 - 40 % MS | - |
| C/N | 9 - 19 % | 25 - 35 % |
| Densité | 0,5 | 0,3 |
| Structure | Compacte | Fine et aérée |

Différentes opérations, telles que la déshydratation et l'incorporation de substrat carboné (figure 1) s'avèrent indispensables pour arriver aux valeurs optimales de 30 % et 35, respectivement pour la siccité et le rapport C/N.

Figure 1



Les paramètres intervenant sur le déroulement de la fermentation et sur la valeur du produit final, que nous avons suivi durant notre expérimentation, sont les suivants :

- la présence de sel, en lavant au préalable les algues à l'eau douce. Cette opération augmente très sensiblement les coûts de l'opération et enlève une partie non négligeable de sels nutritifs et de sable, mais diminue très sensiblement la résistivité.
- la matière sèche de l'ulve en début d'opération, en fonction du type de presse utilisée (à vis, à filtre...). Celle-ci apparaît cependant très dépendante de la fraîcheur de l'algue.
- la nature du substrat carboné, dont le rôle est bien sûr celui d'apport de carbone mais également de desséchant. Ces substrats carbonés sont représentés par des sciures de résineux, de feuillus, des écorces, des copeaux, des litières, du compost urbain. En fait, pour des caractéristiques équivalentes en matière sèche et en carbone, on observe des comportements très différents, d'où la notion de qualité de substrat carboné.
- L'aération des andains, forcée ou par retournement.

Le compost obtenu (tableau 2) est de qualité très satisfaisante, si ce n'est la résistivité trop élevée, et devrait convenir parfaitement à son utilisation en maraîchage. L'absence de matières indésirables (verre, plastique) ou de graines devrait être un atout supplémentaire face à ses concurrents.

Notre prochaine étape concernant ce procédé consistera dès 1984 en la mise sur pied d'un test de vente en relation avec un professionnel de l'amendement organique.

Tableau 2 : comparaison des caractéristiques physicochimiques de différents composts (BRAULT D., GOLVEN P., BRIAND X., 1983)

| Caractéristiques générales | Compost d'algues vertes non lavées (acture) | Compost d'algues vertes non lavées (écorce) | Compost d'ordures ménagères | Cadoue | Fumier de champignonnière | Compost d'écorce |
|-------------------------------|---|---|-----------------------------|--------|---------------------------|------------------|
| Siccité (K) | 64 | 50 | 56,3 | - | - | 33 |
| pH | 7,8 | 8,5 | 7,6 | - | 5,8 - 6,2 | 6 |
| Densité apparente | 0,39 | 0,26 | - | - | - | 0,5 |
| C/N | 19 | 25 | 22,3 | 21,4 | - | - |
| Caractéristiques sur sec (K) | | | | | | |
| Matières minérales Totales | 43 | 48 | - | - | 42 - 53 | - |
| Insolubles chlorhydriques | 12 | 12,4 | - | 49,8 | 47 - 58 | 31 |
| Matières organiques | 57 | 52 | 21,37 | 21 | - | - |
| Carbone organique | 21 | 22,4 | - | - | - | - |
| Azote total | 11 | 0,89 | 0,96 | 0,98 | 1,8 - 2,2 | 0,45 |
| Azote ammoniacal | - | - | - | - | - | - |
| P ₂ O ₅ | 0,18 | 0,2 | 0,24 | 0,71 | - | 0,09 |
| K ₂ O | 1,3 | 1,4 | 0,24 | 0,18 | - | 0,25 |
| CaO | - | - | - | 4,52 | - | 1,8 |
| MgO | - | - | - | 0,53 | - | 0,04 |
| Na ₂ O | 2,4 | 2,6 | - | - | - | - |
| Chlorure (NaCl) | - | - | 0,48 | - | - | - |
| Soufre (SO ₃) | - | - | - | - | - | - |
| Caractéristiques sur sec ppm | | | | | | |
| Fer | 63-61 | - | 977 | 5300 | 2500-4000 | - |
| Manganèse | 17-15 | - | 40,3 | 400 | 200-300 | - |
| Nickel | - | - | 8,12 | - | 8 - 7,5 | - |
| Cadmium | - | - | 115 | 400 | 0,12 - 0,25 | - |
| Zinc | 37-47 | - | - | - | 50-200 | - |
| Iode | - | - | - | - | - | - |
| Cobalt | - | - | 17,1 | - | - | - |
| Cuivre | 21-31 | - | 325 | 50 | 10-25 | - |
| Plomb | - | - | 1001 | - | 2,5-4 | - |
| Mercur | - | - | 3,62 | - | 0,03-0,08 | - |
| Bore | - | - | 18,6 | - | 11-18 | - |
| Chrome | 14-20 | - | 148,1 | - | 8-12 | - |
| Molybdène | - | - | - | - | 1-1,5 | - |
| Arsenic | - | - | - | - | - | - |
| Sélénium | - | - | - | - | - | - |

2) Production d'énergie

Suivant en cela l'exemple de leurs homologues américains et à leur échelle, différentes équipes françaises se sont lancées, voici quelques années, dans la méthanisation de la biomasse végétale marine. Si la faisabilité technique d'une telle opération (BORIES A et al., 1983) n'est plus à démontrer, les rendements obtenus en infiniment mélangés sur les digesteurs actuels sont trop réduits pour que l'opération "passe" au niveau économique. Des études, concernant une meilleure connaissance des populations bactériennes responsables de la méthanisation des algues, sont en cours dans le but d'améliorer les rendements.

Compte-tenu de ces impératifs financiers, des recherches sont actuellement menées afin de séparer l'opération en 2 phases - liquéfaction et gazéification - ce qui devrait nous permettre de travailler en continu sur une phase liquide, sur lit bactérien. Pour y parvenir, différents prétraitements, tant thermiques que chimiques ou enzymatiques, ont été étudiés (BROUARD, 1983). Le Centre d'Algologie s'est attaché pour sa part à suivre ce qui se passe dans les carrières, où s'effectue le stockage de l'algue ramassée sur les plages polluées. En effet, on assiste dans ces carrières à une disparition totale de la matière organique (tableau 3) au bout de un an de stockage.

Tableau 3 : Evolution de la composition chimique du dépôt au cours du stockage

| Date de prélèvement Composition | Début de stockage | Fin de stockage |
|------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Matière sèche % MS | 12 | 60,9 |
| Matières minérales % MS | 57 | 92,4 |
| Matières organiques % MS | 44 | 7,6 |
| Insoluble chlorhydrique %MS | 13,5 | 31,3 |
| N (Kjeldahl) % MS | 1,9 | 0,07 |
| P % MS | 0,26 | 0,08 |
| K % MS | 1,5 | 0,2 |
| Ca % MS | - | 22,3 |
| Na % MS | 2,5 | 0,55 |

Cette liquéfaction nous a semblé intéressante à suivre afin de déterminer à cette échelle "industrielle", si les jus obtenus sont un substrat potentiellement intéressant pour la méthanisation et s'il est possible d'améliorer cette production de jus (tableau 4).

Tableau 4 : caractérisation des essais de prétraitements

| N° de l'essai | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------------|------------------------|-------|-----|-------|------|---------------------------------|---------------------|--------------|----------------|-------|-----------------|------------------------------|
| Charge (tonneux) | 25 | 2,5 | 0,1 | 0,073 | 0,05 | 0,1 + 10 Kg sable | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Volume (litres) | 30 000 | 5 000 | 195 | 235 | 111 | 195 | 177 | 195 | 221 | 195 | 195 | 195 |
| Traitement | | | | | | sable | lessivage forcée | sous abri | lisier | soude | ammo- niaque | carbo- nate de calcium |
| facteurs testés | Influence de la charge | | | | | Influence des précipitations | | | Maintien du pH | | | |

Le protocole expérimental suivi devrait nous permettre d'apporter rapidement une solution. La méthanisation des jus obtenus apparaîtrait ainsi comme un traitement qui diminue la charge polluante tout en produisant de l'énergie. Il est à signaler que les jus obtenus ainsi que la phase solide sont tout à fait aptes au compostage, ce qui fait que méthanisation et compostage sont deux opérations qui ne s'excluent aucunement.

3) L'alimentation

L'ulve, étant donné sa composition chimique (tableau 5), n'apparaît pas être un aliment très énergétique bien que les teneurs en protéines soient du même ordre de grandeur que celles de la luzerne (jusqu'à 18 % de la matière sèche).

Tableau 5 : valeur nutritive de l'Ulva lactuca

| CARACTERISTIQUES | TENEUR/MS |
|-----------------------------|-----------|
| <u>Valeur énergétique</u> | |
| Protéines % | 14,7 |
| Matières grasses % | 2,8 |
| Cellulose % | 6,3 |
| Extractif non azoté % | 41 |
| <u>Vitamines</u> | 6050 |
| A (UI) | 3,98 |
| B1 mg/kg | 0,0545 |
| B12 mg/kg | 19,9 |
| C mg/kg | 864 |
| D mg/kg | 33,7 |
| E mg/kg | |
| <u>Matières minérales %</u> | 35,3 |
| Phosphore total % | 0,24 |
| Calcium % | 2 |
| Magnésium % | 2,2 |
| Sodium % | 0,9 |
| Soufre % | 7 |
| Fer mg/Kg | 1570 |
| Zinc mg/Kg | 16 |
| Manganèse mg/Kg | 57 |
| Cuivre mg/Kg | 9 |
| Iode mg/Kg | 220 |
| Cobalt mg/Kg | 0,45 |
| Sélénium mg/Kg | 0,063 |
| <u>Acides aminés</u> | |
| Méthionine + Cystine % | 0,52 |
| Lysine % | 0,68 |
| Caroténoïdes mg/Kg | 230 |

Les "marées vertes" d'aujourd'hui ne remplaceront pas les spirulines d'hier en tant qu'apport de protéines. Cependant, étant donné son origine marine, diverses utilisations semblent possibles.

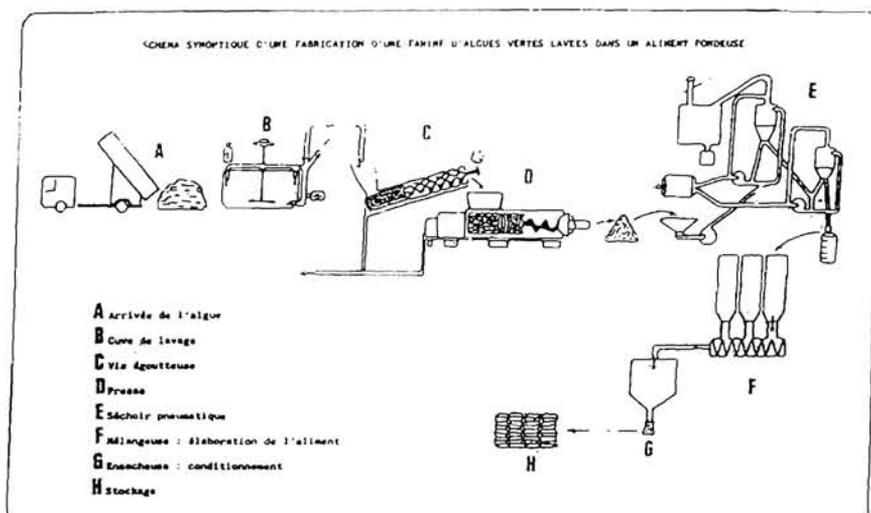
- La présence de ces algues dans la ration alimentaire de certaines populations du Brésil ou d'Indonésie, bien qu'effective, ne peut se concevoir actuellement en France compte-tenu des habitudes alimentaires, même limitées à certains consommateurs bien particulier (macrobiotes, végétariens...), et se heurtent d'une part à l'utilisation d'algue fraîche de pleine eau (coût élevé) et d'autre part à la législation française.
- En alimentation animale, les impératifs énergétiques demeurent et font que l'Ulve ne peut intervenir que par des composés spécifiques ou par des teneurs élevées, qui puissent concurrencer les productions terrestres.

C'est l'implantation du Centre d'Algologie sur le Département des Côtes-du-Nord (premier département français pour la production d'oeufs) qui nous a naturellement orienté vers les problèmes rencontrés par les aviculteurs dans la production d'oeufs "fermiers". La charte qui lie tous ces producteurs n'autorise pas entre autre l'utilisation de pigments synthétiques dans la ration alimentaire des pondeuses. Or, pour rentrer sur certains marchés (Sud-Ouest, Suisse, RFA...), il est nécessaire de posséder une certaine pigmentation du vitellus de l'oeuf.

Les valeurs à atteindre sont fréquemment de 11 sur l'échelle ROCHE, et cette valeur, aisée à atteindre pour les oeufs de consommation courante, devient problématique pour l'oeuf fermier. Les fabricants d'aliments ont à leur disposition la luzerne et le gluten de maïs, mais ces colorants, outre leur coût, leur composition variable, les difficultés d'approvisionnement, sont d'une efficacité limitée (9-10 avec la luzerne, 10-11 avec le gluten de maïs) et ne donnent pas une garantie de résultat.

Connaissant les teneurs en pigments de l'ulve, les quantités disponibles et le coût négatif actuel de celle-ci, nous avons testé l'incorporation de la farine d'Ulve à la ration alimentaire des pondeuses. Le procédé de fabrication de la farine est résumé dans le schéma suivant (figure 2).

Figure 2



L'expérimentation, qui a été mise en place à la Station d'Aviculture de Ploufragan, a consisté à vérifier entre autre :

- l'appétence du produit,
- la digestibilité,
- la coloration du vitellus,
- la tenue du blanc,
- la solidité de la coquille.

Les résultats sont les suivants :

Tableau 6 : Influence de l'incorporation d'Ulves dans l'alimentation des pondeuses sur la qualité de l'oeuf

| Nombre d'oeufs contrôlés par lot | Facteurs étudiés | Témoin | | | | Valeurs F |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------|
| | | Maïs : 53 % Luzerne : 5% | Maïs : 53 % Luzerne:2,5 % Ulves : 5 % | Maïs : 53 % Ulves : 10 % | Maïs : 61 % Ulves : 10 % | |
| 110 | Unités Haugh (1) | 64,7a ± 12,8 | 68,3b ± 11,2 | 71,9b ± 9,7 | 69,1b ± 13,0 | 5,85** |
| 110 | Pigmentation du vitellus | 9,4a ± 0,7 | 11,15b ± 0,7 | 11,6c ± 0,6 | 12,0d ± 0,5 | 327,5*** |
| 110 | Oeufs avec taches (1) | 52,3 | 51,8 | 46,8 | 52,4 | < 1 N.S. |
| 110 | Avec taches n° 2 (1) | 20,2 | 27,3 | 18,9 | 20,9 | < 1 N.S. |
| 110 | Avec taches n° 3 (1) | 11,9 | 9,1 | 12,6 | 12,4 | < 1 N.S. |
| 30 | Déformation des coquilles (μ) | 21,1 ± 2,7 | 23,1 ± 3,2 | 22,7 ± 2,6 | 21,2 ± 2,5 | 2,62 |
| 110 | Proportion de coquille (1) | 9,02 ± 0,94 | 8,97 ± 0,90 | 9,01 ± 0,91 | 9,03 ± 0,91 | < 1 N.S. |

*** hautement significatif (p < 0,001)

tache n° 2 = tache moyenne

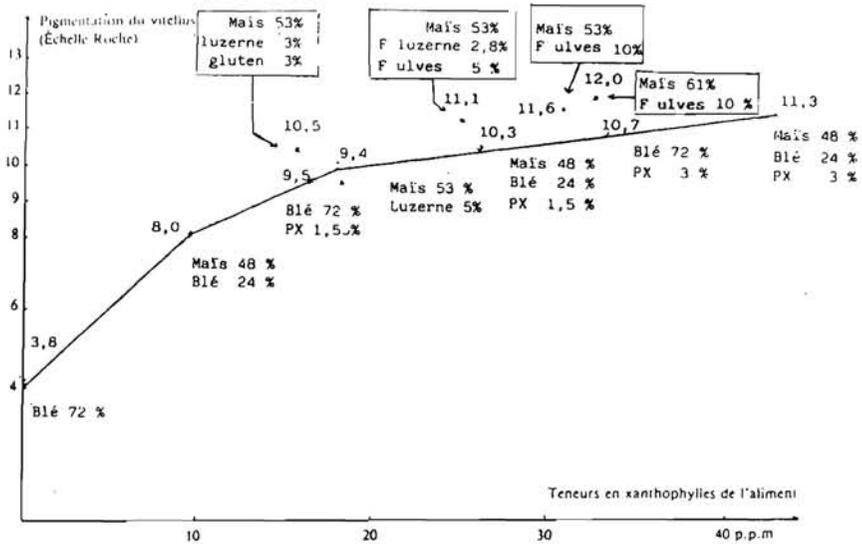
tache n° 3 = grosse tache

La poule accepte très bien cet aliment et ne souffre pas de problème digestif. Les deux concentrations testées (5 et 10 %) donnent de bons résultats sur la pigmentation du vitellus, entre 11 et 12 sur l'éventail colorimétrique.

Il apparait que l'efficacité des Xanthophylles d'Ulve (figure 3) est nettement supérieure à celle de la luzerne.

Figure 3

— Pigmentation du vitellus en fonction de la quantité de xanthophylles dans l'aliment (BOUGON, 1982)



On note également une meilleure tenue du blanc, mais celle-ci n'a pas encore de valeur commerciale. Aucune amélioration de la texture de la coquille n'est observée.

Devant ces premiers résultats encourageants, il s'agit maintenant de vérifier sur une année de ponte si la poule ne subit pas de désordre métabolique important pouvant se traduire par une diminution de la production d'œufs, une perte du poids de l'œuf, etc... Cette expérimentation est actuellement en cours, de même que la recherche de la concentration optimale de farine d'Ulve et celle d'un séchoir plus adapté que celui actuellement utilisé.

Bien entendu, nous ne limitons pas notre intérêt aux seules algues vertes, mais essayons d'appliquer nos acquis aux autres algues (Sargasses, algues brunes d'échouage...) en tenant compte de leur spécificité.

BORIES A., SAUZE F., BROUARD F., 1983 - Digestion anaérobie de bicroasses végétales aquatiques. Biomasse actualités, 3, 31-34

BOUGON M., PROTAIS J., 1982 - Influence d'extraits de luzerne (pxl) employés seuls ou en association avec du carophyll rouge sur la pigmentation du vitellus. Bull. Inform. Stat. Avic. Ploufragan, 22, 66-69

BRAULT D., GOLVEN P., BRIAND X., 1983 - Compostage d'algues vertes. Etude expérimentale. Biomasse actualités, 3, 36-37

BROUARD F., 1983 - Digestion anaérobie de la biomasse végétale aquatique. Thèse Docteur-Ingénieur, 120 p., Université de Toulouse.

PELE E., 1982 - Compte-rendu des épandages d'algues vertes, campagne agricole 1981-1982, Chambre d'Agriculture des Côtes-du-Nord, 14 p.