

NOUVELLES PERSPECTIVES DANS L'EXPLOITATION DES LAMINAIRES

par Jean-Paul BRAUD, Réginald DEBROISE et René PEREZ

Depuis 1958, l'exploitation des algues se caractérise en France par une remarquable stagnation. La récolte plafonne en effet à 5 000 t d'algues sèches par an malgré l'emploi de nouvelles techniques où la force de la machine a remplacé celle de l'homme, et malgré l'étendue des peuplements d'algues disponibles.

La production d'acide alginique, substance extraite de ces algues, oscille, bon an mal an, autour de 1 200 t, valeur qui était déjà atteinte en 1960. Cette situation apparaît d'autant plus paradoxale que ce même type d'exploitation connaît dans d'autres pays comme les États-Unis, la Grande-Bretagne ou la Norvège, un développement spectaculaire. La production mondiale d'acide alginique est passée de 7 000 t en 1958 à 13 000 t en 1973, tout en restant inférieure à une demande qui ne cesse de croître et qui semble devoir doubler dans la prochaine décennie.

Cette situation provient en partie de ce que l'industrie française des alginates s'est longtemps bornée à n'exploiter qu'une seule algue, *Laminaria digitata*, le traitement de celle-ci étant le plus simple. Elle a préféré renoncer à d'autres espèces telles que *Laminaria hyperborea* et *Laminaria ochroleuca* pour la seule raison que le procédé classique ne permet pas d'obtenir directement un extrait blanchâtre à partir de celles-ci alors qu'il eût été plus sage de chercher à mettre au point un procédé qui aurait permis de les utiliser.

Elle s'est contentée ⁽¹⁾, en outre, de ne traiter que les algues sèches. Or, si cette méthode est la plus aisée et, en première analyse, la plus économique, elle oblige les goémoniers à effectuer un long et pénible travail de séchage sur la dune, d'où la perte d'un temps précieux qu'ils auraient pu consacrer à la récolte.

Ce présent article expose les travaux effectués en 1974. Il a pour but de démontrer d'une part qu'il est possible de réaliser l'extraction de l'acide alginique à partir de *L. digitata* fraîchement récoltée sans modifier considérablement le processus initial et sans abaisser le rendement ou la qualité, d'autre part que ce même procédé est applicable aux espèces *L. hyperborea* et *L. ochroleuca* moyennant quelques ajustements et une opération supplémentaire.

1. Traitement de *Laminaria digitata* fraîche et procédé de déminéralisation.

1) Processus classique.

Tous les procédés d'extraction dérivent de celui de Stanford dont nous rappelons les principales étapes.

(1) A la suite de notre étude et de travaux analogues réalisés en collaboration avec l'industrie des algues brunes, cette dernière a décidé de tenter l'extraction à partir des algues fraîches ou conservées en solution sans déshydratation préalable. Il semble que, dans un proche avenir, l'ensemble de la récolte sera traité ainsi.

a) Les algues sèches sont d'abord lavées à l'eau douce pour les débarrasser des chlorures et autres substances solubles.

b) Elles subissent dans un deuxième temps un bain dans une solution d'acide sulfurique 0,25 N pendant 3 à 4 h. Cette étape dite de « déminéralisation » est fondamentale ; nous y reviendrons pour en montrer l'importance.

c) Un lavage à l'eau douce succède à ce bain ; il permet de débarrasser l'algue de l'acide en excès et des sulfates qui se sont formés.

d) Les algues sont ensuite immergées et dilacérées pendant 14 h dans une solution de carbonate de sodium à 10 g/l. C'est la phase de « carbonatation » durant laquelle l'acide alginique se combine au sodium pour donner l'alginate de sodium soluble.

e) La phase liquide, qui contient l'alginate de sodium, est séparée de la phase solide dont le principal composant est la cellulose. Cette séparation peut être réalisée par centrifugation, filtration ou flottation. L'industrie utilise en principe la méthode de flottation. Pour cela, on dilue le magma obtenu à l'étape précédente et on le transforme en émulsion par injection d'air sous pression ou par agitation violente. On laisse reposer 10 h : l'ensemble se sépare alors en deux phases, une phase liquide et une phase solide. Cette dernière monte à la surface du liquide et se concentre en un « gâteau ».

Au laboratoire, on préfère le procédé de la centrifugation suivi d'une filtration, ce qui permet d'obtenir plus rapidement une solution d'alginate de sodium parfaitement limpide.

f) Cette solution est soumise à un brusque abaissement du pH par addition d'acide sulfurique jusqu'à ce que le pH se stabilise à 2 : l'alginate se transforme en acide alginique insoluble qui vient flotter à la surface sous forme d'une écume blanchâtre.

g) L'écume, récupérée par simple filtration, peut être déshydratée par passage à travers plusieurs filtres-presses et séchée par air chaud ou sous vide, ce qui provoque souvent un abaissement de la qualité. Aussi préfère-t-on, au laboratoire, concentrer l'acide alginique dans un filtre de toile à bluter à maille de 100 μ , que l'on peut essorer facilement. Deux lavages successifs à l'alcool éthylique à 95° accélèrent la déshydratation.

2) La déminéralisation.

L'étape la plus importante et la plus délicate est la déminéralisation. En effet, si elle n'a pas été parfaite, il reste dans l'algue des cations qui donnent avec l'acide alginique des complexes insolubles : ces alginates ne passeront donc pas dans la phase liquide au moment de la carbonatation et seront rejetés avec le gâteau cellulosique, d'où une baisse souvent importante de la production. L'ion le plus néfaste à ce point de vue est le calcium. La déminéralisation ne sera donc convenable que si le taux de calcium restant dans l'algue est très bas.

À partir d'algues sèches, cette opération s'effectue facilement à froid avec une concentration en acide relativement faible (0,25 N), sans doute parce que la solution pénètre facilement à travers les tissus de l'algue par absorption et aussi parce que le séchage s'accompagne généralement d'une légère fermentation qui rend les liaisons moléculaires plus fragiles.

Il n'en est pas de même lorsqu'on utilise des algues fraîches ; la solution d'acide sulfurique n'a plus la même efficacité et une proportion importante de calcium reste dans l'algue ; le rendement de l'extraction s'en trouve diminué.

Le problème consiste donc à abaisser le taux de calcium en augmentant l'action de la solution acide. Plusieurs moyens peuvent être envisagés : soit augmenter la concentration en acide sulfurique, soit élever la force de l'acide en élevant la température du traitement, soit utiliser un acide plus puissant.

Ces moyens ne peuvent être retenus que dans la mesure où ils ne provoquent pas une chute du rendement final ou une diminution de la qualité de l'extrait. Nous avons donc, dans un premier temps, cherché uniquement à obtenir la meilleure déminéralisation possible ; c'est seulement lorsque nous avons cerné les conditions permettant d'y parvenir que nous avons poursuivi l'extraction afin de déterminer leur effet sur le rendement final.

3) Efficacité de la déminéralisation.

Le taux de calcium contenu dans l'algue est évalué de la façon suivante : les échantillons sont lavés à l'eau douce (dépourvue de calcium) et plongés pendant deux heures dans une solution d'acide sulfurique à 0,2 N (dite solution de contrôle) à raison de 600 ml pour l'équivalent de 20 g de matière sèche. On prélève 20 cm³ de cette solution à laquelle on ajoute 0,8 cm³ d'ammoniac (13 N) ; après agitation, on verse 2 cm³ d'une solution d'acide oxalique à 22,5 g/l. Un précipité blanchâtre d'oxalate de calcium trouble le milieu si celui-ci contient du calcium. Le nuage est d'autant plus dense que le taux de calcium est élevé ; on le mesure par la densité optique de la solution (D.O.) déterminée au moyen d'un densitomètre à 650 mμ.

Dans le cas des algues soumises à la déminéralisation, on pourra considérer que la déminéralisation a été suffisante lorsque cette densité optique est voisine de 0,10.

4) Déminéralisation par des solutions d'acide sulfurique à différentes températures.

La déminéralisation des algues sèches s'effectue généralement à la température ambiante (18 à 20° C) avec une solution d'acide sulfurique à 0,25 N. Cette dernière suffit à obtenir une

Normalité de la solution acide	Algues sèches	Algues fraîches
0,1	0,14	0,325
0,25	0,11	0,24
0,5	0,08	0,16
1	0,02	0,12
2	0,01	0,01
3	0,05	0,035

Température \ Normalité	30°	40°	50°
0,1	0,585	0,56	0,545
0,25	0,165	0,15	0,155
0,5	0,065	0,10	0,06
0,75	0,035	0,11	0,30
1	0,02	0,145	0,025

TABL. 1 et 2. A gauche, efficacité de la déminéralisation à 20° C, action de la solution d'acide sulfurique à différentes normalités respectivement sur les algues sèches et sur les algues fraîches. On note la difficulté de déminéralisation des algues fraîches. A droite, action de la température sur la déminéralisation à différentes normalités.

D.O. de 0,08 à 0,10. Mais une telle concentration n'est pas assez efficace si l'on emploie des algues fraîches ; il faut en effet atteindre, à la température ambiante, une normalité de 1 pour que la D.O. s'approche de 0,10 (tabl. 1).

Sur le plan industriel, cette dernière concentration n'est pas compatible avec les impératifs de rentabilité. Nous avons été ainsi conduits à rechercher si, en augmentant la température, il n'était pas possible d'accroître l'action de la solution acide et par là de diminuer cette concentration excessive.

Les tests ont été réalisés aux normalités suivantes : 0,1 N, 0,25 N, 0,5 N, 0,75 N et 1 N.

L'observation du tableau 2, qui résume les résultats obtenus, indique que, pour une même concentration d'acide, l'augmentation de la température du bain ne se traduit pas nécessairement par une baisse accrue du taux de calcium. A 0,75 N, par exemple, nous avons obtenu une D.O. de 0,035 à 30° ; de 0,11 à 40° ; de 0,30 à 50°.

Il semble donc qu'aux plus hautes températures, le calcium diffuse mal à l'extérieur des tissus de l'algue, peut-être parce qu'il est retenu dans des complexes stables à chaud.

Les tests montrent que les eaux ayant servi à laver les algues déminéralisées présentent un taux de calcium relativement bas ; ceci a conduit à penser que la nature neutre ou légèrement basique de ces eaux ne leur permet pas d'extirper le calcium de ces complexes et de l'entraîner.

C'est pourquoi nous avons tenté de soumettre les frondes déminéralisées à un nouveau trempage dans une solution très légèrement acide (0,05 N). Le résultat a été une très forte baisse de la D.O. comme le montre le tableau 3.

Normalité	Traitement sans lavage acide	Traitement avec lavage acide
0,1	0,56	0,20
0,25	0,15	0,02
0,5	0,10	0,025
0,75	0,11	0,015
1	0,145	0,01

TABL. 3. — Action du lavage acide sur le calcium restant dans l'algue après un bain de déminéralisation à 40° C ; le lavage des algues par une solution d'acide faiblement concentrée (0,05 N) provoque une baisse importante de la quantité de calcium restant dans les algues.

Cette méthode a été appliquée à toutes les concentrations de déminéralisation précédemment étudiées en faisant varier les températures des bains. Les résultats ont été consignés dans le tableau 4. Ils révèlent clairement qu'on parvient à des D.O. acceptables dans trois cas : lorsque

Température Normalité	20°	30°	35°	40°
0,1	0,325	0,28	0,35	0,20
0,25	0,265	0,19	0,025	0,02
0,5	0,16	0,13	0,045	0,025
0,75	0,15	0,08	0,03	0,015
1	0,14	0,02	0,01	0,01

TABL. 4. — Action de la température du bain acide sur la déminéralisation. La température du bain de traitement favorise la déminéralisation des algues. Cette action est moins visible pour les faibles concentrations alors qu'elle est très nette pour les fortes concentrations en acide.

le bain est à 30° C à la concentration de 0,5 N ; lorsque le bain est à 35° C à la concentration de 0,25 N ; lorsque le bain est à 40° C à la concentration de 0,25 N.

Le traitement industriel des algues fraîches pourrait donc être effectué dans ces conditions.

Il est à noter que le trempage supplémentaire au moyen d'une solution d'acide sulfurique à 0,05 N n'accroît pas le coût de l'opération puisque cette solution peut être celle ayant servi à la précipitation de l'alginate de sodium en acide alginique au cours de la dernière opération d'une extraction précédente.

L'influence de cette technique sur la qualité du produit fini et le coût de l'utilisation devront être pris en considération pour déterminer la meilleure des trois possibilités.

Déminéralisation au moyen de différents acides.

Une autre méthode permettant d'augmenter l'efficacité de la déminéralisation consiste en l'emploi d'un acide plus puissant que l'acide sulfurique. Nous avons donc testé comparativement l'action de l'acide sulfurique, de l'acide chlorhydrique, de l'acide perchlorique et de l'eau régale (mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique dans la proportion de 2/3-1/3).

SOLUTION ACIDE DE DEMINERALISATION	H ₂ SO ₄	HCl	HClO ₄	HCl 1/3 HNO ₃ 2/3
D.O. de la solution de contrôle	0,105	0,13	0,075	0,11

TABL. 5. — Influence de la nature de l'acide sur la quantité de calcium restant dans l'algue après traitement; à 20° C, la solution normale d'acide perchlorique est plus efficace que celle d'acide sulfurique, elle-même plus efficace que celle du mélange d'acide nitrique/acide chlorhydrique ou que celle d'acide chlorhydrique.

Ces essais ont été effectués à 20° C avec des solutions normales de ces différents acides sur des échantillons frais provenant d'un lot homogène.

Le tableau 5 rapporte les résultats obtenus après un simple lavage à l'eau douce des algues traitées. Il apparaît nettement que l'acide perchlorique est d'un effet plus puissant que l'acide sulfurique, qui lui-même est plus actif que l'eau régale et l'acide chlorhydrique.

Normalité HClO ₄	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1
Température							
20°	0,135	0,015	0,01	0,015	0,015	0,015	
30°	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,015	
35°	0,02	0,01	0,01	0,015	0,015	0,01	0,01
40°	0,02	0,01	0,01	0,015	0,01	0,01	0,01

TABL. 6. — Action de la température du bain d'acide perchlorique sur la déminéralisation de *L. digitata* fraîche; une concentration de 0,2 N et une température de 20° C sont suffisantes pour obtenir une bonne déminéralisation.

Certes, la solution d'acide perchlorique à 1 N permet une excellente déminéralisation à froid des algues fraîches, mais il ne saurait être question, pour des raisons économiques, de l'employer à cette dose dans l'industrie.

Aussi, avons-nous fait varier cette concentration et la température du bain pour préciser son action à des doses moins élevées. Les valeurs des D.O. obtenues pour chaque essai comprenant : trempage de 4 h en solution d'acide perchlorique, trempage de 2 h dans une solution très diluée (0,05 N) d'acide sulfurique, lavage à l'eau douce, ont été regroupées dans le tableau 6.

Une rapide analyse de ce tableau indique que l'acide perchlorique pourrait être employé sans élévation de température aux concentrations de 0,2 à 0,25 N, puisque la D.O. se situe alors nettement au-dessous de 0,10. À 30° C, une concentration de 0,1 N suffit pour atteindre ce résultat.

Incidence sur la qualité du produit fini.

Pour porter un avis définitif sur les conditions de traitement définies ci-dessus, il est indispensable d'analyser leur influence sur la qualité de l'acide alginique extrait. Seules les conditions permettant le maintien d'une qualité suffisante devront être retenues, sous réserve, bien entendu, que le prix de revient du procédé soit acceptable.

La valeur de l'acide alginique se définit par la viscosité que son sel de sodium à la concentration de 1 %, à 20° et à pH 8, peut donner à une solution aqueuse. La méthode de mesure utilisée est celle préconisée par PÉREZ (1970) et reprise par BRAUD (1974). Rappelons que l'acide alginique est considéré de bonne qualité lorsque la viscosité se situe autour de 3 000 centipoises (cp).

L'acide alginique obtenu, soit après une déminéralisation à l'acide perchlorique avec une normalité de 0,1 N à 30°, soit après une déminéralisation à 20° à la concentration de 0,25 N, présente des viscosités comprises entre 3 000 et 3 300 cp.

Aucune des possibilités retenues pour la déminéralisation à l'acide sulfurique : 40° C avec une normalité de 0,2 N, 35° C avec une normalité de 0,25 N, 30° C avec une normalité de 0,5 N, n'abaisse la viscosité en dessous de 3 000 cp.

Incidence sur le coût de l'extraction.

A priori, l'acide perchlorique semble le plus intéressant puisqu'il permet un traitement des algues fraîches à la température ambiante sans apport supplémentaire d'énergie et sans modification des installations actuelles. En outre, il conduit à un acide alginique plus blanc que celui résultant d'une extraction à l'acide sulfurique. Mais son prix d'achat est élevé (800 F/t).

L'acide sulfurique nécessite une élévation de la température des bains et une modification des installations, ce qui entraîne au départ des frais d'investissements supplémentaires, mais son prix est plus faible (150 F/t).

Le traitement d'une tonne d'algues fraîches, soit 180 kg de matière sèche, nécessite environ 6 000 l de solution.

Si cette solution est faite à base d'acide perchlorique à 0,2 N qui agira à la température ambiante, on devra utiliser 0,172 t d'acide pour un coût de 137,80 F.

Si cette solution est obtenue à partir d'acide sulfurique à 0,25 N, il sera nécessaire : d'utiliser 0,0766 t, soit une dépense de 11,50 F ; d'élever 6 800 l d'eau (800 contenus dans les algues) à la température de 30° C, ce qui entraîne une dépense de 5 F en gaz oil. L'ensemble de l'opération coûte donc seulement 16,50 F. La comparaison de ces deux chiffres, 137,80 F pour l'utilisation de l'acide perchlorique et 16,50 F pour celle de l'acide sulfurique, permet de conclure que l'emploi de l'acide sulfurique à chaud (30°) et à la concentration de 0,25 N est la meilleure méthode pour la déminéralisation des algues fraîches sans dégradation sensible des qualités de l'acide alginique.

2. Extraction à partir de *Laminaria hyperborea* et de *Laminaria ochroleuca* fraîches.

On peut regretter que l'industrie française des alginates ne s'intéresse qu'à *L. digitata* alors que deux autres laminaires, *L. hyperborea* et *L. ochroleuca*, pourraient aussi être utilisées.

Ces deux dernières espèces contiennent, en effet, une teneur appréciable (16 à 21 % pour *L. ochroleuca*, 25 à 30 % pour *L. hyperborea*) d'un acide alginique de haute qualité (5 000 cp), mais elles ont l'inconvénient de donner à l'extraction un produit fortement coloré. Or, le marché n'accueille que l'acide alginique blanc.

Dans la deuxième partie de notre travail, nous avons été amenés à analyser, tout en étudiant les meilleures conditions d'extraction pour ces deux espèces, les procédés qui permettent d'empêcher, de limiter ou de faire disparaître cette coloration gênante.

Opération de déminéralisation pour L. hyperborea et L. ochroleuca fraîches.

Le premier type d'expériences a consisté à refaire sur *L. hyperborea* et *L. ochroleuca* les essais décrits ci-dessus pour *L. digitata*. Nous nous sommes limités à tester l'efficacité de la solution d'acide sulfurique pour la déminéralisation d'échantillons frais à des concentrations et des températures de bains variables (tabl. 7).

Les algues utilisées ont été récoltées sur la bordure infra-littorale supérieure du port de Saint-Pierre à la pointe de Penmarc'h. La démarche expérimentale ayant été la même que dans le chapitre précédent, nous ne donnons que les conclusions qui s'imposent à la lecture du tableau 7.

A) <i>Laminaria hyperborea</i>					B) <i>Laminaria ochroleuca</i>				
Normalité \ Température	0,25	0,30	0,35	0,40	Normalité \ Température	0,25	0,30	0,35	0,40
20°	0,38	0,30	0,22	0,15	20°	0,65	0,40	0,32	0,17
30°	0,32	0,19	0,09	0,07	30°	0,49	0,37	0,27	0,11
40°	0,27	0,12	0,07	0,07	40°	0,46	0,27	0,24	0,08
50°	0,19	0,09	0,07	0,05	50°	0,38	0,19	0,15	0,08

Tabl. 7. — Conditions optimales pour la déminéralisation de deux espèces de laminaires fraîches (*L. hyperborea* et *L. ochroleuca*) ; la déminéralisation est plus facile pour *L. hyperborea* que pour *L. ochroleuca*.

Pour *L. hyperborea*, la déminéralisation des thalles secs est parfaite à 20° lorsque la concentration du bain d'acide sulfurique a une normalité de 0,25 N. Dans le cas des lames fraîches, il est nécessaire de porter la température du bain à 35° et la normalité à 0,3 N pour obtenir le même résultat.

Pour *L. ochroleuca*, ces valeurs ne sont pas suffisantes ; à 30° et avec une normalité de 0,35 N, la D.O. est encore à 0,27. Il a fallu atteindre 40° pour parvenir à une D.O. voisine de 0,10.

Le traitement des stipes pose également un problème ; en raison sans doute de leur épaisseur, la déminéralisation est difficile à obtenir, aussi bien avec des plants frais que secs. Même après une macération à 40° et une concentration de 0,5 N, la D.O. n'est jamais descendue au-dessous de 0,30. Un broyage est la plupart du temps indispensable pour permettre une action efficace de l'acide sulfurique et atteindre une D.O. de 0,08 à 0,10.

Dans tous les cas cités ici, l'acide alginique obtenu en fin d'extraction était d'une haute qualité (par référence au pouvoir épaississant de son sel de sodium en solution aqueuse). Il était cependant fortement coloré.

Le problème de la coloration.

Pour éviter cette coloration due en partie à l'oxydation en milieu basique des phénols contenus dans l'algue (BRAUD, 1974), de nombreux procédés ont été essayés, tel l'emploi de l'eau de chaux, de l'hypochlorite de sodium, du gel de silice, d'hydroxyde d'alumine, de colonnes absorbantes plus ou moins complexes, de formaldéhyde.

Pour que l'industrie puisse valablement utiliser ces algues, deux procédés seulement peuvent être retenus. Le premier consiste à empêcher l'apparition de la coloration, c'est-à-dire à empêcher

l'oxydation des phénols par blocage des sites réducteurs. BRAUD a démontré que le moyen le plus efficace et économique est l'emploi de formaldéhyde.

La seconde méthode nécessite de faire disparaître la coloration. Pour cela, on fait appel à l'hypochlorite de sodium.

Reprenant les travaux de BRAUD sur *L. ochroleuca*, nous avons cherché à les préciser et en même temps à les appliquer à *L. hyperborea*, sachant que l'acide alginique est considéré comme « blanc » lorsque la solution de son sel de sodium à la concentration de 1 % donne au densitomètre une densité optique de 0,12 à 420 m μ .

a) *Action du formaldéhyde.*

L'expérience montre que la solution de formaldéhyde peut être appliquée avant ou après la déminéralisation sans que le résultat en soit modifié. D'après les chiffres du tableau 8, la D.O. de 0,12 caractérisant une coloration correcte de l'acide alginique est atteinte lorsque la concentration du bain de formol a été supérieure à 0,5 % pour *L. ochroleuca* et à 1 % pour *L. hyperborea*. Ces valeurs ont été calculées au cours du mois de juillet, c'est-à-dire durant la période où la teneur en phénols dans les algues atteint le maximum.

La viscosité de l'acide alginique provenant d'une extraction qui comprend un traitement au formaldéhyde est plus élevée (5 300 cp) que celle consécutive à une extraction sans formaldéhyde (3 600 cp).

Concentration en formol	<i>Laminaria</i> <i>hyperborea</i>	<i>Laminaria</i> <i>ochroleuca</i>
0 %	0.20	0.18
0.25	0.18	0.14
0.5	0.15	0.12
1	0.10	0.06
1.5	0.03	0.06

TABL. 8. — Décoloration de l'acide alginique par le formaldéhyde ; les différentes valeurs de densité optique de la solution d'alginate de sodium obtenues après traitement par une solution de formol à différentes concentrations traduisent l'influence du formol sur la coloration finale de l'acide alginique.

b) *Traitement de l'hypochlorite de sodium.*

L'hypochlorite de sodium n'a pas d'action sur la coloration finale s'il est appliqué avant l'apparition de celle-ci, c'est-à-dire avant le passage des algues dans le bain de carbonate de sodium. Il agit donc seulement avant ou après la précipitation de l'alginate de sodium en acide alginique.

Dans ces conditions, une dose supérieure à 0,3° chlore par litre permet d'aboutir à une coloration conforme aux normes commerciales, aussi bien pour *L. hyperborea* que pour *L. ochroleuca*. Déjà, à cette valeur, on constate une légère altération de la viscosité de l'acide alginique qui reste cependant acceptable (témoin : 3 600 cp ; décoloré : 2 600 cp). Au-dessus de 0,3° chlore par litre, il y a une chute très nette de la qualité (800 cp pour 0,6° Cl/l).

Il semble que le meilleur type de traitement, tant sur le plan économique que sur le plan de l'efficacité, soit l'emploi du formaldéhyde avant la déminéralisation ; ce produit peut servir en

même temps de conservateur, puisqu'il est antiseptique, si la déminéralisation n'a pas lieu immédiatement. Il a en outre le double avantage de respecter la qualité de l'acide alginique et de la protéger pendant le processus d'extraction. Les doses auxquelles il faut l'utiliser n'élèvent pas considérablement le coût du produit fini.

Conclusion.

Les travaux que nous venons de décrire tendent à montrer que l'industrie des alginate (algues brunes) pourrait, avec un investissement modique, parvenir à traiter une partie, sinon l'ensemble, de la récolte à l'état frais ou après conservation dans un bain formolé sans qu'il soit nécessaire d'effectuer un séchage préalable. Il suffit d'élever légèrement la température du bain de déminéralisation sans augmenter la concentration et de pratiquer un bain acide supplémentaire.

Il serait également fort possible d'utiliser les espèces *L. hyperborea* et *L. ochroleuca* actuellement délaissés et qui constituent pourtant de vastes peuplements exploitables. Le fait que ces algues livrent à l'extraction un acide alginique coloré ne devrait pas être un obstacle important puisqu'un trempage dans un bain de formaldéhyde à faible concentration appliqué avant la déminéralisation supprime cet inconvénient sans altération de la qualité du produit fini.

Il va de soi que l'achat par les usines des algues fraîches libérerait les goémoniers du travail fastidieux et pénible que représente le séchage sur la dune. Ceux-ci pourraient alors consacrer plus de temps à la récolte proprement dite, ce qui augmenterait à la fois leur revenu et l'approvisionnement des usines. Si, en plus, récolte sur toute l'année, la période d'avril à décembre étant réservée à *L. digitata*, celle de janvier à mars à *L. hyperborea* et *L. ochroleuca*.

Ce type d'exploitation cesserait alors d'être une activité saisonnière pour devenir un métier annuel. Une telle perspective pourrait être de nature à attirer à nouveau les jeunes marins vers ce métier.

Manuscrit déposé le 7 avril 1975.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRAUD (J.-P.), 1974. — Etude de quelques paramètres écologiques, biologiques et biochimiques chez une phéophycée des côtes bretonnes, *Laminaria ochroleuca*. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **38** (2) : 116-204.
- PÉREZ (R.), 1971. — Ecologie, croissance et régénération, teneurs en acide alginique de *Laminaria digitata* sur les côtes françaises de la Manche. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **35** (3) : 287-346.
- STANFORD (E.), 1883. — On algin: a new substance obtained from some of the common species of marine algae. — *Chem. News*, **47** : 254-257 et 267-268.