

CONSERVATION DES LAMINAIRES APRÈS SÉCHAGE A TRÈS HAUTES TEMPÉRATURES

par René PEREZ

Deux grands problèmes avaient freiné jusqu'ici le développement de l'exploitation française des laminaires : celui concernant la mécanisation de la récolte et celui relatif à la conservation de la qualité des algues après cette récolte.

La mécanisation paraît aujourd'hui possible grâce à l'appareillage mis progressivement au point sur le bateau prototype « Jean Ogor ». Le système (fig. 1) consiste en un bras articulé supportant une longue tige métallique (1) qui plonge dans le champ d'algues en tournant comme une vrille. Les laminaires viennent s'enrouler autour de la tige jusqu'à ce que leur crampon se détache. Le bras articulé remonte alors la tige métallique étroitement enlacée par les thalles arrachés. L'ensemble est actionné par le moteur du bateau.



FIG. 1. — Appareillage monté sur le bateau prototype « Jean Ogor ». Le bras mécanique permet, d'une part, la récolte des laminaires lorsqu'on adapte un « scoubidou » à son extrémité, d'autre part, le déchargement des algues sur le quai lorsqu'on remplace le « scoubidou » par un grappin.

Lorsque le goémonier traditionnel parvient, au terme d'un labeur épuisant, à ramener deux à trois tonnes d'algues fraîches par marée, le goémonier utilisant le « Jean Ogor » en prélève, pratiquement sans effort physique, presque trois fois plus. C'est la raison pour laquelle plusieurs barques ont été déjà équipées de ce nouvel outil et d'autres sont sur le point de l'être.

On peut donc s'attendre prochainement à une augmentation sensible des apports non seulement parce que la mécanisation permet un tonnage quotidien élevé mais aussi parce que l'amélioration des conditions de travail entraînera un accroissement du nombre des goémoniers.

(1) Cette tige métallique est appelée « Scoubidou » par les goémoniers.

De ce fait, le deuxième problème, c'est-à-dire la conservation des algues récoltées, se pose avec une extrême acuité. Il ne sera pas possible de mettre à l'abri de la fermentation par la méthode classique (stockage après séchage à l'air sur la dune) une récolte plus importante (75 000 à 80 000 t prévues) que celle actuelle (25 000 t) puisqu'on a déjà des difficultés avec cette dernière (1).

Le séchage sur la dune n'est, en effet, raisonnablement plus envisageable si les livraisons atteignent 7 à 8 tonnes par homme en raison du travail considérable de manutention qu'il nécessiterait et du manque de surface disponible (2).

Il faut donc trouver un nouveau mode de conservation ou modifier la technique de déshydratation. Nous avons montré, dans un travail précédemment publié (PEREZ, 1970), que les procédés autres que le séchage ne semblent pas pouvoir convenir parce qu'ils détruisent les propriétés principales de l'acide alginique (entreposage en milieu anaérobie), qu'ils sont d'un prix de revient trop élevé (lyophilisation et utilisation des ultrasons), ou qu'ils donnent naissance à la longue à des difficultés d'extraction (formolisation). Le séchage artificiel est apparu en fin de compte comme la meilleure solution à condition qu'il soit pratiqué à une température élevée pendant un temps très bref. Cette méthode, appelée « *flash-drying* », respecte autant que le processus traditionnel les qualités des laminaires tant que la teneur en eau des thalles à la sortie du four n'est pas inférieure à 25 %.

Mais, pour se prononcer avec plus de justesse sur la valeur de ce moyen, il était nécessaire de déterminer si la conservation des algues qui ont été soumises à la très forte chaleur s'effectue aussi bien que celle des thalles séchés sur la dune. C'était le but de l'étude que nous avons entreprise dès octobre 1970 et dont les résultats vont être exposés. Notre travail a consisté à suivre l'évolution au cours du stockage de la qualité de différents lots de laminaires séchées par étalement sur la côte ou par « *flash-drying* » jusqu'à divers teneurs en eau.

Mode opératoire.

Les recherches ont porté sur la lame de l'espèce *Laminaria digitata*, seule phéophycée utilisée actuellement en France par l'industrie des alginales.

Préparation des algues.

Encouragés par les résultats de quelques expériences préliminaires, la société PIERREFITE-AUBY, le groupe C.E.C.A. et l'I.S.T.P.M. reprenaient en octobre 1970, sur une grande échelle, les essais de séchage à très hautes températures.

Nous avons déjà commenté les conclusions de ces travaux (PEREZ, 1970). Rappelons simplement que l'opération a été faite à Penmarc'h (Sud-Finistère) dans un séchoir du type « Vernon » (longueur : 12 m ; diamètre : 1,5 m) ayant une vitesse de rotation de 3,5 t/mn et équipé d'un puissant ventilateur (750 t/mn) qui propulse à l'intérieur du tube un air chauffé par un brûleur à fuel. La température d'entrée a été maintenue à 850°C, celle de sortie à 200°C, le temps de passage à 23 mn.

En faisant varier la quantité d'algues introduite par unité de temps, nous avons pu constituer quatre lots de *Laminaria digitata* contenant respectivement 25, 22, 20 et 17 % d'eau. Pour ce dernier, certaines lames présentaient des taches noirâtres et exhalaient une forte odeur : elles avaient donc subi un début de brûlures, c'est la raison pour laquelle nous n'avons pas tenté de déshydratations plus poussées avec ce système.

Dans le même temps, d'autres lots étaient séchés sur la dune jusqu'à des teneurs de 30, 28, 25 et 22 %. Il n'a pas été possible de franchir par cette pratique le seuil des 22 % en raison de la fréquence des pluies et de l'humidité élevée de l'air. Pour parvenir à une dessiccation plus forte, il fallut étendre une partie des algues sous abri. Nous avons pu ainsi disposer d'échantillons dont la teneur en eau représentait 20, 15, 13, 11 et 9 % de leur poids sec.

(1) Ces chiffres représentent des poids de tissu frais.

(2) Les goémoniers récoltent actuellement en moyenne 2 tonnes par jour. Or, le séchage de ces 2 tonnes demande déjà un énorme travail (voir *Science et Pêche*, n° 171).

Tous les lots furent placés à 18°C dans de grands sacs en plastique que nous avons pris soin d'ouvrir régulièrement par la suite tous les quinze jours de façon à ce qu'ils ne risquent pas de constituer un milieu anaérobie mais qui restèrent soigneusement fermés entre temps afin que le degré d'hydratation de leur contenu ne varie point.

Mesure de la qualité.

La valeur des laminaires, sur le plan commercial, est fonction de la teneur en acide alginique et de la qualité de ce produit.

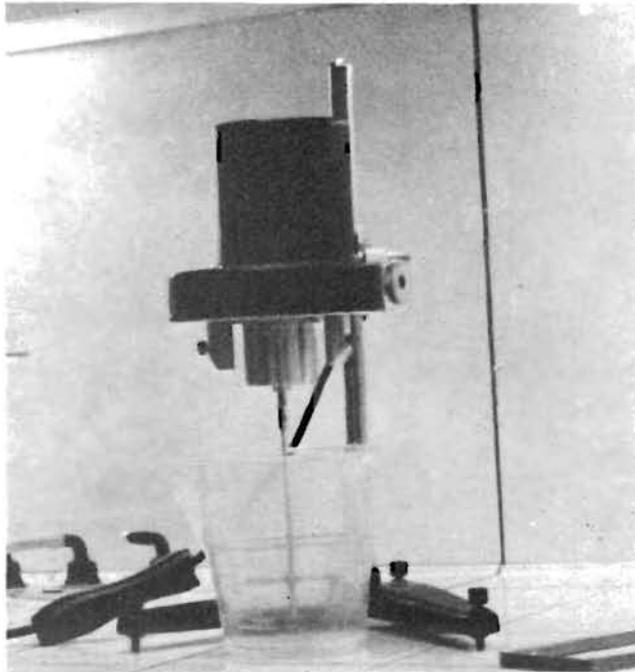


FIG. 2. — Viscosimètre de Brookfield (nous l'avons préféré à celui de Hoppler en raison de sa précision et de la rapidité des mesures).

Nous ne nous sommes pas intéressés, en fait, au premier critère car des expériences précédentes ont montré que celui-ci reste pratiquement constant au cours du stockage.

Par contre, nous avons porté toute notre attention sur la qualité. Ce paramètre est donné par la viscosité que possède à 20°C une solution aqueuse d'alginate de sodium à 1 % ayant un pH de 8.

L'extraction et la mesure de la valeur de l'acide alginique ont été faites suivant les processus exposés en détail lors de la publication de nos premiers travaux sur le « *flash-drying* ».

Nous savons (PEREZ, 1971) que la viscosité de l'alginate de sodium dépend de l'âge du thalle d'où est extraite l'algine correspondante. Ne connaissant pas cet âge, nous avons été obligés, pour contourner cette difficulté, de découper toutes les lames en morceaux de 2 à 3 cm de côté et de brasser longuement le contenu de chaque sac de façon à disposer d'un mélange aussi homogène que possible.

Les mesures ont été faites à l'aide du viscosimètre de BROOKFIELD (fig. 2), sur trois prélèvements de 500 g de tissu par lot, le premier et le quinze de chaque mois.

Variation au cours du stockage de la qualité des laminaires séchées sur la dune et sous abri.

Les courbes de la figure 3 résument les résultats obtenus pour les algues ayant séchées sur la dune et sous abri. Elles montrent clairement qu'il y a dans tous les cas, pendant la période de stockage, une baisse importante de la viscosité, d'autant plus marquée que la déshydratation a été moins poussée.

Chaque courbe se compose, en fait, de deux parties, l'une à pente forte, l'autre à pente plus douce. C'est surtout la première caractérisant l'évolution de la qualité aux cours des deux premiers mois qui semble directement influencée par le degré d'hydratation puisque sa pente est plus faible pour les lots moins humides. La seconde, qui traduit la variation de la viscosité au cours des cinq mois suivants, reste à peu près identique quelle que soit l'algue utilisée.

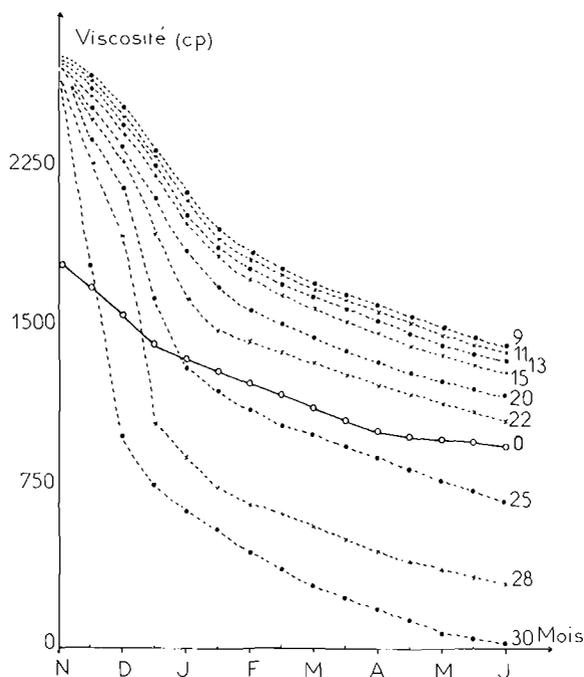


FIG. 3. — Ensemble de courbes schématisant la variation de la qualité des algues au cours du stockage après séchage sur la dune et à l'air (chaque courbe porte un chiffre qui correspond à la teneur en eau du lot qu'elle concerne).

Etant donné ces résultats, on peut avancer, par extrapolation, que la conservation sera optimale en absence d'eau. Mais en réalité, la déshydratation totale des frondes demande un traitement poussé qui provoque une dépolymérisation rapide de l'acide alginique. La courbe en trait plein (fig. 3) en est un exemple : elle concerne des algues préséchées sur la dune pendant deux jours, séchées ensuite à l'étuve à 40°C pendant 3 h et à 100°C jusqu'à poids constant. La viscosité de la solution de NaAlg après ce traitement était de 1 700 cp (centipoise) alors que pour les thalles exposés simplement à l'air, elle dépassait 2 700 cp ; le gain de qualité obtenu par la suite, au cours du stockage, en raison de l'absence d'eau, ne compense pas les pertes survenues durant l'opération de séchage. Si l'on ajoute qu'en fait, cette absence d'eau dans le thalle est impossible à maintenir puisque l'algue, placée dans une atmosphère même peu humide, fixe rapidement la vapeur d'eau ambiante jusqu'à ce que sa teneur se stabilise à 8-9 %, on comprendra facilement qu'il est inutile de rechercher la dessiccation complète.

Le taux d'humidité le plus intéressant paraît être 15 % ; la quantité d'énergie et le temps nécessaires pour parvenir à des taux plus bas n'apportent, en effet, qu'une très faible augmentation de la qualité.

Mais, le séchage par exposition sur la dune ne permet même pas d'atteindre 20 %. Aussi, les industriels sont-ils généralement contraints d'accepter des teneurs en eau de 23 à 28 %, donc très éloignées de l'optimum défini ci-dessus. De ce fait, cette méthode empêche non seulement l'augmentation de la récolte mais aussi l'amélioration de la qualité.

Conservation des algues après séchage à très haute température.

Nous n'avons pas cherché à obtenir par « *flash-drying* », des taux d'hydratation inférieurs ou même égaux à 15 %. L'expérience nous a, en effet, montré que lorsqu'on parvient à 17 %, les parties les plus minces des lames commencent à se carboniser.

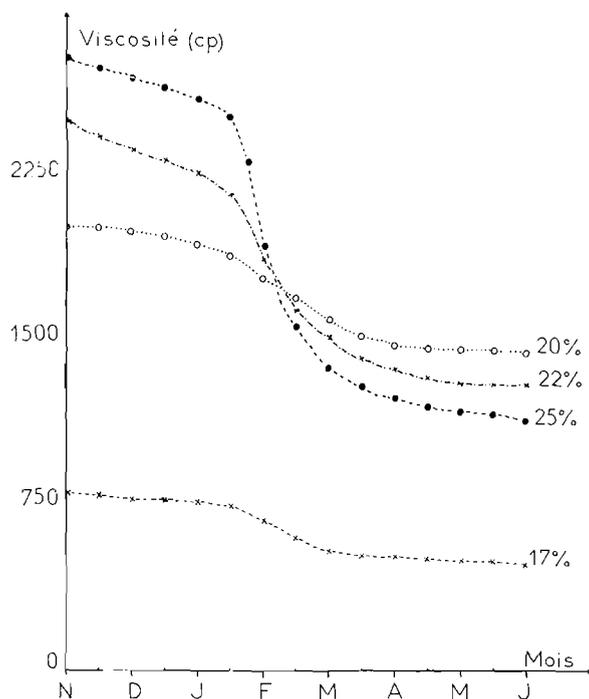


FIG. 4. — Ensemble de courbes schématisant la variation de la qualité des algues au cours du stockage après séchage à 850°C, pour des lots de teneurs en eau différentes.

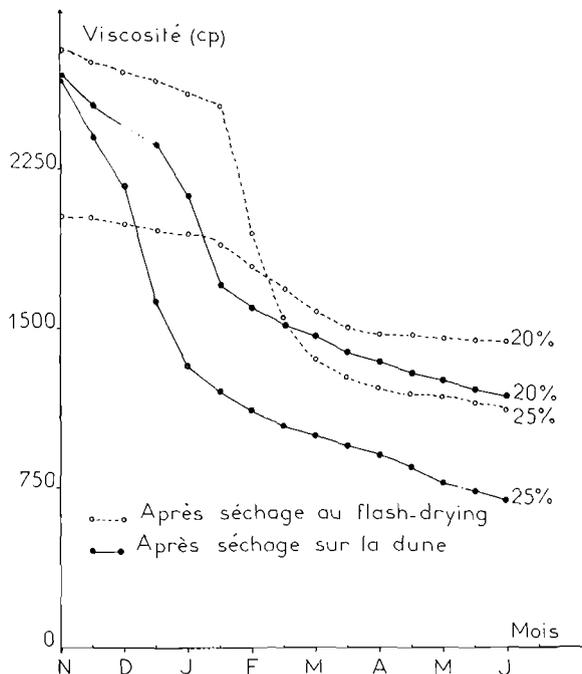


FIG. 5. — Courbes permettant de comparer l'évolution au cours du stockage de la qualité des algues séchées les unes à très haute température (courbes en pointillés), les autres sur la dune (courbes en trait plein).

Les courbes (fig. 4) qui caractérisent la conservation après le séchage rapide à très haute température diffèrent sensiblement de celles concernant la simple dessiccation sur la dune. Elles se composent, en effet, d'une pente douce pour les deux premiers mois, d'une pente plus forte pour les deux suivants, de nouveau d'une pente douce pour les trois derniers.

La comparaison (fig. 5) de la qualité d'algues pareillement humides, stockées les unes après séchage sur la dune, les autres après action du « *flash-drying* », conduit à penser que la dégradation des secondes est nettement moins forte que celle des premières. Les deux chiffres suivants en sont une excellente preuve :

viscosité obtenue à partir d'algues séchées sur la dune jusqu'à 25 % d'humidité et conservées pendant 7 mois	740 cp
viscosité obtenue à partir d'algues séchées au « <i>flash-drying</i> » et conservées pendant 7 mois	1 200 cp

Notons aussi, dans le cas du traitement thermique, que la qualité des thalles renfermant 17 % d'eau a varié relativement peu dans le temps. Malgré cela, la dépolymérisation de l'algine au moment même du séchage a été telle que la viscosité finale s'est avérée extrêmement faible.

Pour les algues amenées à 20 % d'humidité, il y a eu encore altération immédiate et sensible de la qualité sous l'influence de la forte température. Mais, par la suite, la conservation a été supérieure à celle des algues à 25 %, puisqu'au terme du septième mois, nous avons enregistré des viscosités de 1 400 cp alors que les thalles à 25 % ne donnaient que 1 200 cp.

D'après les courbes de la figure 4, on peut donc dire qu'il est préférable de sécher par « *flash-drying* » jusqu'à 25 % d'eau les thalles destinés à être conservés moins de trois mois et jusqu'à 20 % ceux que l'on veut garder au-delà de cette période.

La supériorité du « *flash-drying* » sur la méthode traditionnelle provient de la façon homogène dont s'effectue la dessiccation, de la stabilité de la teneur en eau pendant le stockage, de l'absence de lavage par les eaux douces (pluie ou rosée), de l'action directe de la chaleur.

L'homogénéité du séchage ne fait aucun doute. Certes, en raison de l'épaisseur différente de la lame suivant qu'il s'agisse de l'extrémité d'une lanière ou de la zone stipofrontale, la teneur en eau n'est pas strictement la même d'un échantillon à l'autre. Mais on est loin des écarts de 5 à 6 % qui existent souvent entre les diverses parties d'un même lot étendu sur la dune.

Dans le four, même à 850 °C, les stipes ne sont que peu déshydratés puisque leur teneur en eau passe de 85 à 60 %, ce qui permet de les séparer facilement des lames ; celles-ci (1), très légères, sont en effet aspirées à la sortie par un courant d'air insuffisamment puissant pour entraîner les stipes plus lourds qui viennent alors s'accumuler à l'extrémité du tube. La récolte ainsi séchée ne contiendra plus que des lames alors que, traitée par étalement sur la dune, elle resterait un mélange de lames et de stipes. Or, ces derniers, restant souvent très hydratés, fournissent à la longue une partie de leur eau aux tissus environnants dont ils augmentent le taux d'humidité. L'absence de stipe parmi les algues traitées au « *flash-drying* » assure donc la stabilité de la teneur en eau générale.

Bien que les goémoniers prennent grand soin de protéger, à l'approche de la moindre averse et du crépuscule, les thalles exposés à l'air côtier, les algues sont tout de même plus ou moins lavées par les eaux de pluie ou la rosée qui entraînent la plupart des sels minéraux répandus à la surface des lames et même parfois une partie des pigments. Certes, quelques semaines après la récolte, les frondes apparaissent recouvertes d'une poudre blanche qui semble être une cristallisation de chlorure de sodium ; ce n'est en réalité qu'une exsudation de mannitol, comme le prouve la saveur sucrée. Si on utilise le séchage artificiel, on évite tout contact des algues avec l'eau douce. Les lames conservent leur forte concentration en sels minéraux dont la présence freine considérablement l'attaque bactérienne.

Enfin, au cours du traitement thermique, les hautes températures (de 850 à 200 °C) agissent aussi sur les bactéries dont le développement et l'action sont un moment ralentis. C'est ce qui explique la première pente douce des courbes schématisant l'évolution de la qualité après l'application du « *flash-drying* ». Dans le cas de l'étalement sur la dune, les bactéries commencent déjà à se multiplier pendant les trois jours où les thalles sont exposés à l'air et poursuivent leur tâche destructrice avec une intensité accrue au début du stockage, ce qui explique la pente abrupte des courbes de la figure 2 dès les premiers mois.

Etude financière.

Avant de terminer cet exposé, il nous a paru important d'évaluer le prix de revient du « *flash-drying* » appliqué aux laminaires.

Le meilleur rendement horaire du séchoir de Penmarc'h au cours des essais d'octobre 1970 a été de 2 tonnes de *Laminaria digitata* fraîches à l'heure (2). En augmentant la longueur

(1) Avant la mise dans le four, les thalles sont découpés en lambeaux de 8 à 15 cm de longueur par une roue dentée ; les stipes ne sont donc plus solidaires des lames.

(2) La teneur en eau des algues était en moyenne de 83 % à l'entrée du four et de 25 % à la sortie.

du tube de 3 m et le diamètre de 50 cm de façon à faciliter l'évacuation des gaz humides, on peut arriver à un rendement de 2,5 tonnes d'algues fraîches par heure. Nous avons calculé le prix de revient en tablant sur une telle capacité.

Quatre hommes sont indispensables pour assurer l'approvisionnement du four, la récupération des algues séchées et l'entretien mécanique général. La quantité de fuel nécessaire se situe environ à 370 kg/h ; la quantité d'électricité servant à actionner tapis roulant, ventilateur et aspirateur, à 59 kw/h.

Le séchoir travaillant 24 h sur 24 pendant 7 mois, à raison de 25 jours par mois et avec un rendement horaire de 2,5 tonnes de thalles frais, près de 10 500 tonnes pourraient être traitées par saison. L'amortissement calculé sur 10 ans serait donc de 6,70 F par tonne de tissu frais.

Si nous admettons des frais d'assurance de 2 000 F et des frais généraux de 7 000 F par an, nous pouvons construire le tableau récapitulatif qui nous donnera la dépense provoquée par le séchage d'une tonne d'algues fraîches et celle nécessaire pour obtenir une tonne de laminaires séchées (tabl. 1).

Dépenses	Consommation par h	Prix de l'unité	Coût de la tonne d'algues (F)	
			Fraîches	Séchées
Fuel	360 kg/h	260,00 F/t	37,84	170,28
Electricité	59 kWh	0,1 F/kWh	2,36	9,62
Entretien	10 F		4,10	18,45
Assurances		2000,00 F/an	0,20	0,90
Frais généraux		7000,00 F/an	0,70	3,15
Amortissement			6,70	30,15
Main-d'œuvre	4 hommes	6,80 F/h	10,80	48,60
TOTAL			62,70	282,15

TABL. 1. — Bilan financier concernant l'utilisation du « flash-drying » pour le séchage des laminaires.

Il est à remarquer que, comme on pouvait s'y attendre, la dépense la plus importante est celle concernant le fuel dont le prix a été fixé d'après celui du fuel dit « domestique » ; or, dans le cas de l'utilisation pour le traitement des algues, il serait peut-être possible d'obtenir une détaxe qui diminuerait les frais.

Néanmoins le « flash-drying » paraît assez onéreux puisqu'il tend à élever de plus de moitié le prix des laminaires.

Conclusion.

Cette conclusion voudrait être un bilan général. Certes, le système de séchage à très hautes températures s'avère coûteux mais il est incontestablement moins cher que toutes les autres méthodes analysées. La formolisation multiplierait par 2 le prix des laminaires, la dessiccation au moyen d'un chauffage modéré par 3, la déshydratation à l'aide des ultrasons par 4, la lyophilisation par 5.

Le « flash-drying », en outre, respecte mieux que les autres méthodes et au moins autant que la technique actuelle, les propriétés de l'acide alginique. Il permet de traiter un tonnage important d'algues si bien que cinq fours d'un type voisin de celui de Penmarc'h suffiraient pour sécher une récolte de 50 000 tonnes tout en évitant des pertes importantes comme celles souvent constatées lors du séchage sur la dune (plus du tiers de la récolte en 1965). Enfin, il assure une conservation nettement supérieure à celle consécutive au traitement traditionnel.

Le prix de revient et le fait que les apports ne se soient pas accrus dans de fortes proportions expliquent les hésitations de la profession à utiliser un tel système. Mais devant la récolte de ces prochaines années il faudra choisir : ou en rester à l'ancienne méthode de séchage et condamner par là l'exploitation des laminaires, ou adopter parmi les autres systèmes de conservation celui qui est le moins cher et qui a le meilleur rendement, c'est-à-dire le « *flash-drying* ».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BLACK (W.A.P.), CORNHILL (W.J.) et DEWAR (E.T.), 1952. — Viscosity of alginate solutions. — *J. Sci. Food Agric.*, **3**, p. 542.
- CARAES (A.), 1970. — Le mannitol dans les phéophycées et son extraction industrielle. — VI *Int. Seaweed symp., Santiago de Compostelle*, p. 663-669.
- HAUG (A.) et JENSEN (A.), 1956. — A seasonal variation in chemical composition of *Laminaria digitata* from different parts of the norwegian coast. — *Int. Seaweed symp., II Trondheim*, p. 10-15.
- HAUG (A.) et SMIDSRØD (O.), 1962. — Determination of intrinsic viscosity of alginates. — *Acta chem. Scand.*, **16** (7), p. 1466-1468.
- PEREZ (R.), 1967. — Teneur en acide alginique d'une population de *Laminaria digitata* LAMOUROUX du plateau du Calvados. — *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, **31** (2), p. 367-372.
- 1968. — Conservation et stockage des Laminaires. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 175.
- 1969. — Influence du mode de conservation sur la qualité de l'acide alginique. — *Ibid.*, n° 181.
- 1970. — Teneur en acide alginique et degré de polymérisation de ce produit au cours de la vie de *Laminaria digitata* (L.) LAMOUROUX. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **34** (3), p. 351-361.