

INFLUENCE DU MODE DE CONSERVATION DES LAMINAIRES SUR LES QUALITES DE L'ACIDE ALGINIQUE

par R. PEREZ

Le problème du stockage des laminaires réside principalement, dans le fait que les produits contenus dans ces algues se détériorent rapidement sous l'action des bactéries du type *Bactérium alginovororum*, *B. alginicum*, *B. fucicola*, *B. terrestralganicum*, *Clostridium alginovororum*.

Pour éviter ou, du moins, pour limiter cette décomposition, on peut :

soit placer la récolte dans une solution anti-bactérienne, ce procédé n'étant en fait valable qu'avec l'emploi de formol comme bactéricide car les autres substances, efficaces seulement à très fortes doses, le rendraient extrêmement onéreux,

soit pratiquer un stockage en milieu anaérobie, puisque W.A.P. BLACK a montré que la conservation dans de telles conditions n'abaisse pas la teneur en acide alginique et revient, en outre, à un prix modéré,

soit sécher les algues immédiatement après la récolte. Cette troisième possibilité permet, non seulement de réduire l'algino lyse mais, en plus, de diminuer de quatre cinquièmes le poids des thalles, donc le coût du transport. Aussi, est-elle la plus fréquemment employée. Si, en Angleterre, en Irlande, en Ecosse, en Norvège, on utilise à cet effet des séchoirs thermiques, en France, on en est encore à étaler les laminaires sur la dune. Une pratique aussi désuète est incontestablement la cause de notre retard en ce qui concerne l'exploitation des algues ; elle rend, en effet, extrêmement pénibles les conditions de vie des goémoniers puisqu'elle nécessite un effort supplémentaire après une dure journée en mer et, d'autre part, elle entraîne trop souvent de lourdes pertes, la récolte étant constamment à la merci des intempéries. Il apparaît donc urgent de la moderniser, en faisant appel au séchage artificiel, ou de la remplacer par un autre moyen, la formolisat ion ou la conservation anaérobie, par exemple.

D'après les recherches effectuées jusqu'à ce jour, il semble, en effet, que les trois procédés présentent à peu près les mêmes avantages puisqu'aucun ne diminue la teneur en acide alginique. Cependant, un point reste obscur : leur influence sur la qualité principale de l'acide alginique, c'est-à-dire sa viscosité. Nous nous proposons d'étudier et de discuter, à la lumière des expériences que nous avons pu faire, cette importante question. Nous pourrions peut-être ainsi déterminer le mode de conservation qui affecte le moins les qualités des laminaires et les limites à ne pas enfreindre pour que cette altération reste minimale.

Extraction de l'acide alginique et mesure de la viscosité.

Procédé d'extraction

L'extraction de l'acide alginique a été effectuée à partir de frondes adultes de *Laminaria digitata* (L.) LAMOUROUX qui est la seule laminaire traitée par l'industrie française, selon une technique qui s'apparente, à quelques détails près, à celle préconisée par STANFORD en 1883.

Lavage à l'eau distillée d'une quantité de tissu correspondant à 500 g d'algues fraîches.

Déminéralisation pendant quatre heures dans une solution d'acide sulfurique à 0,2 N.

Macération dans une solution de carbonate de sodium à 20 g par litre, pendant seize heures. A la fin de cette opération, le mélange est longuement broyé au « mixer », dilué dans quatre fois son volume d'eau et filtré, d'abord sur un tamis à larges mailles de façon à éliminer les gros détritiques, puis sur papier « DURIEUX » n° 5 B, ce qui permet d'obtenir une liqueur absolument limpide de coloration jaune pâle.

Précipitation de l'alginate de sodium en acide alginique par addition d'une solution d'acide sulfurique à 0,2 N jusqu'à pH = 1. On laisse reposer pendant deux heures avant de verser le tout sur un filtre à mailles très fines : l'acide alginique s'accumule sur le filtre où l'on peut le laver d'abord à l'eau distillée, ensuite à l'alcool éthylique à 70°, 95°, 100°, enfin avec une solution très diluée de formol pour éviter les fermentations ultérieures susceptibles de dégrader le produit.

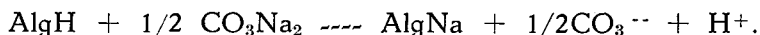
« Pressage » du filtre et de son contenu. Cette opération revêt une grande importance car, sans elle, l'algine extrêmement hydrophile, demanderait plusieurs jours avant de sécher et, une fois déshydratée, garderait une coloration grise due aux impuretés en solution dans l'eau. Après essorage, l'extrait se présente sous forme d'une masse blanchâtre que l'on dissocie avant d'exposer à l'air. Il sera repris seize heures plus tard et moulu en une fine poudre blanche.

Mesure de la viscosité

Pour déterminer la viscosité de l'alginate de sodium correspondant, plusieurs procédés peuvent être utilisés. Certains auteurs proposent de se baser sur une solution de chlorure de sodium contenant 0,25 g d'alginate pour 100 ml ; d'autres préfèrent utiliser un mélange de 0,25 g d'acide alginique pour 100 ml de NaOH ; d'autres, enfin, choisissent une solution de 1 g de AlgNa pour 100 ml d'eau distillée. C'est cette dernière méthode qu'a adoptée notre industrie ; aussi, nous y sommes conformés.

La difficulté consiste à obtenir ce gramme d'alginate de sodium sec car, selon la façon d'agir, les résultats peuvent être totalement faux comme le montre l'exemple suivant. Lors de recherches effectuées sur les laminaires des côtes du Calvados, par une société désireuse de les exploiter, l'alginate était déshydraté à l'étuve à 65 °C pendant seize heures. La viscosité extrêmement basse enregistrée alors (25 à 30 cp) fit conclure à une très médiocre valeur des algues analysées. Or, nous avons pu démontrer que la cause de cette faible viscosité résidait non pas dans la qualité des laminaires mais dans le trop long séjour à l'étuve au cours duquel les propriétés initiales de l'extrait avaient été totalement modifiées. C'est pour éviter cette erreur que les usines bretonnes prennent soin de faire passer le sel obtenu par mélange d'acide alginique humide à 30 % et de carbonate de sodium, devant une puissante soufflerie qui propulse un air à 175 °C : la rapidité du séchage permet de limiter l'altération du produit.

Notre méthode fut la suivante. Nous avons calculé les quantités d'extrait et de carbonate de sodium à mettre en présence pour obtenir un gramme d'alginate de sodium, d'après la formule :



Puisque 216 g de AlgNa sont formés par addition de 194 g de AlgH à 53 g de CO₃Na₂, 1 g sera obtenu par mélange de 194/216 g d'acide alginique et 53/216 g de carbonate de sodium, soit 0,9 g d'acide alginique et 0,24 g de carbonate de sodium. Notre extrait étant séché à l'air à 20 °C, il garde une certaine humidité qu'il est facile de déterminer sur un prélèvement de 1 g porté à l'étuve jusqu'à poids constant. Si l'acide alginique a une teneur en eau de n %, le poids à utiliser correspondant à 0,9 g d'acide alginique sec sera :

$$\frac{90}{100-n} \text{ grammes}$$

Ainsi, en versant dans 100 ml d'eau distillée, 90/100-n g d'extrait dont la teneur est n % et 0,24 g de carbonate de sodium, on obtient une solution limpide (une longue agitation est nécessaire) d'un gramme d'alginate de sodium pour 100 ml d'eau, soit une dilution de 1 %. L'expérience montre qu'il est préférable d'ajouter un excès de 0,1 g de CO_3Na_2 de façon à maintenir le pH égal à 8.

Toutes les viscosités citées au cours de cette étude ont été mesurées à 20 °C à partir de telles liqueurs à l'aide des viscosimètres HOPPLER type CH et BROOKFIELD type RVT.

La méthode présente l'énorme avantage d'éviter, au cours du processus de mesure, toute détérioration par la chaleur, de l'algine ou du sel de sodium correspondant.

Conservation en milieu anaérobie.

Analysons d'abord le cas du stockage en milieu anaérobie. La possibilité fut signalée par W.A.P. BLACK en 1955. Cet auteur a constaté que si les laminaires, et plus particulièrement les alginates et le mannitol, qu'elles contiennent se décomposent à l'air, en ensilage anaérobie, par contre, il se produit après un court laps de temps une légère fermentation qui abaisse le pH et arrêterait toute prolifération bactérienne. Il n'y a alors aucun changement dans la teneur en acide alginique. Pour vérifier ses premiers résultats, BLACK fit construire un silo qu'il remplit jusqu'à trente centimètres du sommet de *Laminaria hyperborea* fraîches ; il recouvrit la partie supérieure d'une épaisse couche de terre tassée qui empêchait la pénétration de l'air et plaça au-dessus une lourde plaque métallique qui fermait le silo. Après 102 jours, à part quelques moisissures sur la partie supérieure de l'amas, les algues étaient restées en parfait état, exactement comme si elles venaient d'être récoltées.

Nous avons repris en quelque sorte cette expérience en entassant dans douze bocaux de deux litres, à fermeture hermétique, des frondes de *Laminaria digitata* arrachées le jour même à Lampaul-Plouarzel (Nord-Finistère). Six de ces récipients reçurent des lames entières, les six autres des lames coupées en morceaux de 1 cm de côté environ.

Après trente jours, il fut constaté que dans le premier groupe (A), il n'y avait pas eu de variation dans la teneur en algine (26 %) alors que dans le second (B), on notait une baisse sensible (teneur : 20 %) ; cette diminution nous a semblé due au fait que, par les surfaces de section, les fragments de thalles avaient exsudé certains de leurs composants et plus particulièrement un pourcentage important d'acide alginique qu'on retrouvait en partie dans le liquide verdâtre et visqueux accumulé au fond des flacons.

Pour chaque bocal, nous avons déterminé la viscosité de l'alginate correspondant ; les résultats sont donnés dans le tableau 1.

N° du bocal		1	2	3	4	5	6
Viscosité	A	82	92	103	102	89	108
en cp	B	144	141	173	177	153	149

TABL. 1. — Viscosité de l'acide alginique extrait des laminaires placées en milieu anaérobie pendant trente jours. Le groupe A concerne les algues entières. Le groupe B celles coupées en morceaux.

La viscosité s'est située en moyenne autour de 96 cp dans le groupe A, et de 157 cp dans le groupe B. La différence provient peut-être, là encore, du morcellement effectué pour B : en effet, grâce à cela, nous avons pu opérer un tassement tel que presque tout l'air des flacons fut expulsé, ce qui accéléra, sans doute, l'établissement des conditions anaérobies. Le fractionnement de l'algue faciliterait donc l'instauration de l'anaérobiose permettant ainsi une viscosité plus élevée mais provoquerait un abaissement de la teneur en algine.

Cependant, sachant que la viscosité initiale des extraits de *Laminaria digitata* récoltées au même moment et au même lieu mais séchées au soleil dépassait 3500 cp, on mesure aisément l'ampleur

de la dégradation que subit l'algue dans ce type de conservation. Il est difficile de dire si le phénomène résulte d'une simple autolyse, les enzymes entraînant eux-mêmes l'altération de l'algine, ou d'une fermentation dirigée de concert par *Clostridium alginovororum* et *Desulfovibrio desulfuricans*.

Tant qu'on ne sera pas capable de comprendre et de contrôler ce mécanisme, il est indéniable qu'il ne pourra être question d'un ensilage des laminaires en milieu anaérobie.

La formolisation.

Ce procédé a été quelquefois employé par certains fermiers qui, lorsqu'ils n'étaient pas parvenus, à la suite d'une fin d'été trop humide, à sécher correctement les fourrages, trempaient ceux-ci dans une solution très diluée de formol. Il avait certes l'avantage d'éviter la dégradation de la récolte mais provoquait, à la longue, des dérangements intestinaux chez les bovidés, ce qui entraîna sa disparition.

On retrouve en Amérique du Nord une pratique à peu près semblable pour le stockage de *Macrocystis pirifera* : on conserve en effet cette algue dans un bain de formol à 5 %.

Pour tester cette méthode sur *Laminaria digitata*, nous avons plongé dans plusieurs bacs contenant une telle solution des frondes adultes récoltées quelques heures avant sur la côte nord-ouest de la Bretagne. Nous les avons préalablement découpées en lambeaux, de 20 cm de long de façon à permettre une meilleure imprégnation par le formol.

L'expérience a montré que si les algues baignent dans l'eau douce elles présentent après un mois une teinte verdâtre ; l'extraction livre dans ce cas un acide alginique extrêmement aqueux, difficile à presser et qui conserve, en dépit de nombreux lavages à l'alcool, une couleur vert pâle. Par contre si l'on prend soin de placer les lames en eau de mer, elles gardent leur coloration caractéristique et on récupère une algine parfaitement normale.

Les résultats indiquent que la teneur en acide alginique n'est presque pas modifiée (baisse de 1 à 2 %). La viscosité se situe autour de 2800 cp, c'est-à-dire qu'elle est de 17 à 20 % inférieure à celle de l'algine provenant de thalles récoltés en même temps et sur les mêmes lieux que ceux formolés, mais séchés sur la dune dans les meilleures conditions (soleil et vent) et traités au laboratoire immédiatement après (3500 cp).

Le principe de la conservation par formolisation n'est donc pas à rejeter puisque l'algue ne subit au cours d'un mois qu'une dégradation relativement modérée, moins importante même que celle supportée, au bout du même temps, par les frondes séchées selon la méthode traditionnelle (2200 cp après un mois de stockage soit une perte de 22 %).

Ce procédé exige, cependant, une rapide et complète imprégnation de toutes les parties de l'algue par le formol, c'est-à-dire soit l'utilisation d'une grande quantité de solution, soit un découpage des thalles en fins morceaux.

Quel que soit l'emplacement du lieu de formolisation, on sera amené à transporter de la côte à l'usine, soit des algues fraîches contenant de 65 à 82 % d'eau si ce lieu est près de l'usine, soit des frondes chargées de liqueur formolée s'il se situe sur la côte. Dans les deux cas, le transport ne peut être que difficile et coûteux. C'est ce point important que permet d'éviter la pratique traditionnelle ; aussi, la question se pose de savoir si, avant de se tourner vers d'autres procédés de conservation, on ne pourrait pas continuer à utiliser celui actuellement en vigueur après l'avoir modernisé.

Le séchage artificiel : utilisation de séchoirs thermiques.

Les deux principaux griefs à l'encontre du séchage sur la dune sont, je le rappelle, les suivants. Il donne trop de travail au goémoniers, il entraîne trop de pertes. Or, deux solutions s'offrent a priori pour éviter ces inconvénients.

La première repose sur la constitution d'équipes spécialisées, exemptes de goémoniers, chargées d'étaler les algues sous de grands hangars côtiers. Mais, cette idée se heurte à de nombreuses difficultés.

La deuxième solution fait appel aux séchoirs thermiques. La méthode consiste à soumettre les laminaires à une déshydratation rapide en les plaçant dans une enceinte chauffée. De nombreuses études ont été faites à ce sujet par MITCHELL, GARDNER, BOOTH, MERRIT, COSGROVE, sur les différents montages possibles, l'épaisseur maximale et optimale de la couche d'algues, la vitesse de la ventilation, les avantages de l'agitation. Mais, toutes ont négligé le point le plus important qui est de rechercher l'influence de la température sur le produit extrait. C'est ce que nous avons essayé d'analyser ici.

Dans toutes les expériences qui vont être décrites, la déshydratation des thalles fut considérée comme suffisante lorsque la teneur en eau, initialement de 65 à 82 %, devenait voisine de celle que l'on obtient sur la dune et qui correspond au taux maximum autorisé par les industriels (25 %).

Séchage sans ventilation

Dans un premier temps, nous avons utilisé de simples étuves à dessiccation, sans ventilation provoquée, communiquant avec l'extérieur par deux orifices de huit centimètres de diamètre et pouvant fonctionner entre 20 et 200 °C. Chacune possède trois plateaux d'une surface totale de 0,5 m² sur laquelle on arrive aisément à étaler deux à trois kilogrammes d'algues fraîches (stipes enlevés).

Pour chaque expérience, nous avons soumis treize lots de laminaires respectivement à 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 130, 150, 180, 200 °C.

Température en °C	20	30	40	50	60	70	80	90	100	130	150	180	200
Durée du séchage (h)	34	29	21	13	7	6	5	4 h. 30	3 h. 30	3	2 h. 30	1 h. 20	3/4 h.
Teneur en algine (% de M.S.)	26,2	25,8	26,4	25,8	26,0	26,2	25,8	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	24,7
Viscosité en cp	1080	1000	800	1100	1300	1000	500	480	420	400	50	48	80

TABLE. 2. — Teneur en acide alginique et viscosité de l'alginate de sodium correspondant dans le cas d'un séchage thermique sans ventilation.

Dans ces conditions, pour chaque température, le délai nécessaire à l'obtention de la teneur en eau convenue a été reporté dans la deuxième ligne du tableau 2. Il est, entre 20 et 40 °C, extrêmement long (34 h à 20°, 21 h à 40°) car la différence entre l'intérieur et l'extérieur de l'étuve n'est pas calorifiquement assez importante pour créer une circulation d'air capable d'empêcher la saturation en eau de l'atmosphère de l'étuve. Cette circulation ne deviendra suffisante qu'à partir de 60°, provoquant une diminution appréciable de la durée du séchage.

Les résultats montrent que le taux d'algine ne diminue presque pas au cours du passage à l'étuve ; au plus, note-t-on, à partir de 100 °C, une perte de 2 à 3 % par rapport à la valeur témoin (27 %) déterminée sur des algues étalées au soleil.

Il en est tout autrement pour la viscosité. Pour mieux en rendre compte, nous avons porté les valeurs de cette dernière en ordonnées sur la figure 1 où les températures sont en abscisses, ce qui a permis de tracer la courbe A et de mettre en évidence les trois points suivants.

La viscosité maximale enregistrée atteint à peine 1300 cp alors que celle caractérisant l'acide alginique témoin dépasse 3500 cp. Le séchage thermique par simple aération provoque donc une nette altération de la propriété principale de l'algine.

C'est à 60 °C que l'extrait est le moins détérioré : au-dessous de ce seuil, la température provoque une dégradation plus importante car, dans le premier cas, bien que modérée, elle agit pendant un temps très long, et, dans un second, bien que s'exerçant pendant une plus courte période, elle influe alors par son intensité.

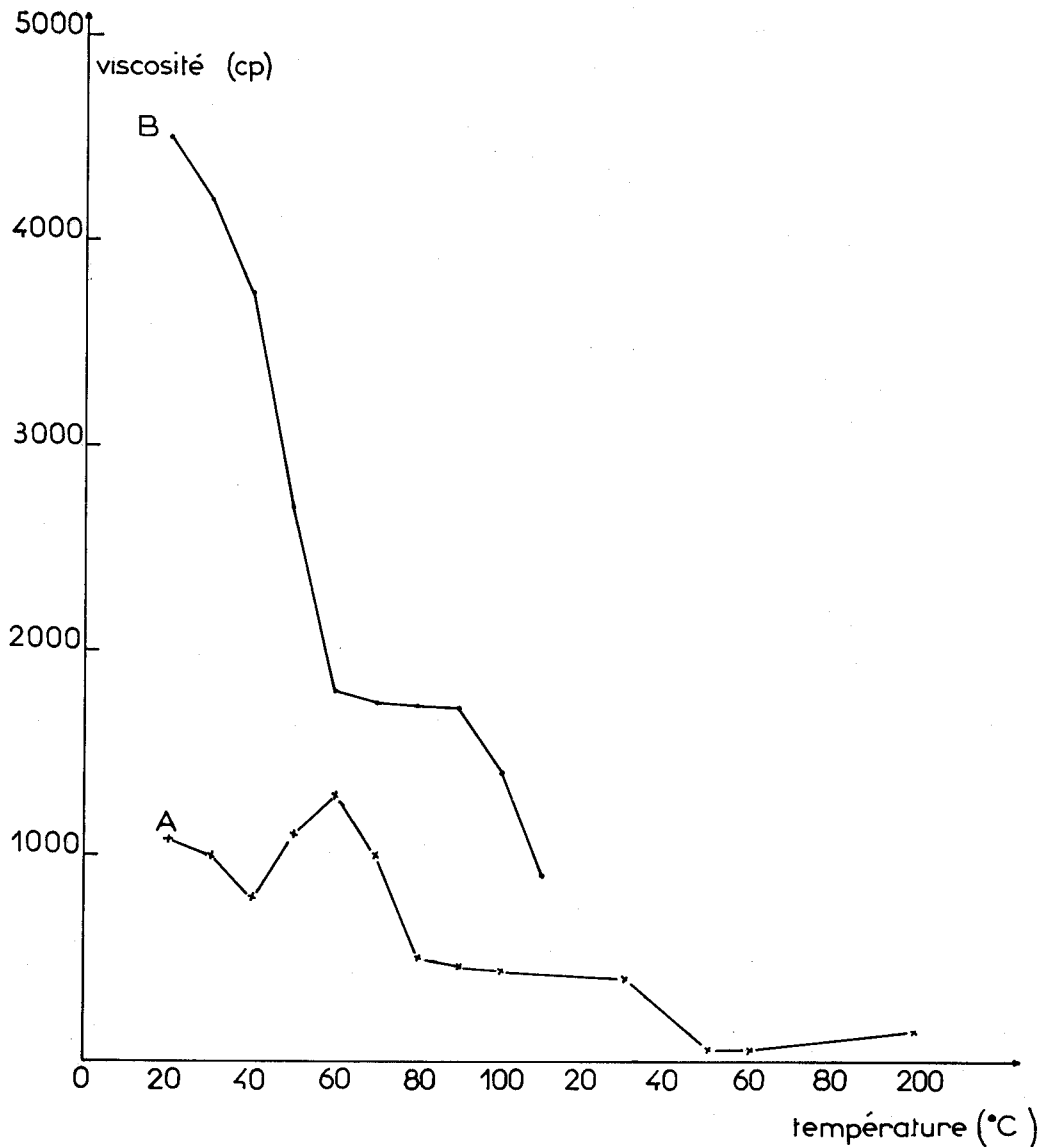


FIG. 1. — Courbes indiquant la variation de la viscosité de l'alginate de sodium en fonction de la température utilisée pour le séchage des laminaires, dans le cas d'un séchage sans ventilation (courbe A), et dans le cas d'un séchage avec ventilation (courbe B).

Au-delà de 130 °C, la viscosité devient brusquement inférieure à 100 cp ; cette chute se produit au moment où l'on commence à observer de profondes brûlures de la lame.

Cette méthode de déshydratation offre donc l'avantage sur le stockage anaérobie de maintenir, dans certaines conditions, une viscosité encore appréciable mais, même utilisée à 60 °C, elle ne présente qu'un intérêt limité puisqu'elle ne livre, en fin de compte qu'un produit de qualité très secondaire.

Le séchage thermique avec ventilation

Le principal défaut du montage précédent réside dans l'insuffisance de l'aération entre 20 et 50 °C ; il en résulte une rapide saturation en eau de l'atmosphère entourant l'algue et un allongement considérable de la durée nécessaire au séchage. Si, donc, on active par ventilation la circulation de l'air, on doit parvenir à éviter la saturation, à diminuer la durée du traitement et, finalement, à réduire l'influence de la température.

Pour vérifier cela, nous avons construit une sorte de tunnel mesurant 150 cm de long, 50 cm de large, 40 cm de haut (fig. 2), comportant, à l'une de ses extrémités, une soufflerie capable de créer un courant d'air de 0,9 m/s. L'air pulsé, avant de parcourir le tunnel, serpente à travers une série de résistances électriques représentant une puissance de 3500 watts et peut acquérir ainsi une température variant, selon le nombre de résistances en service, de 20 à 110 °C. A l'intérieur de l'enceinte se trouve un cadre grillagé de 0,5 m², destiné à porter les lamineaires fraîches. Il est incliné de telle façon que la partie la plus élevée se situe face à la bouche de la soufflerie ; cette disposition permet d'accélérer la deshydratation car l'air chaud, montant, pénètre plus facilement à travers les thalles.

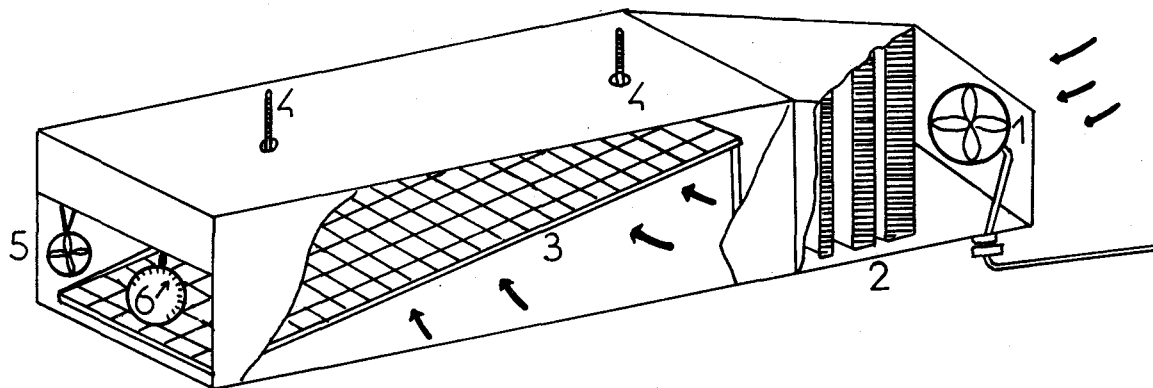


FIG. 2. — Appareil utilisé pour le séchage avec ventilation. 1: ventilateur - 2: résistances - 3: cadre grillagé - 4: thermomètres - 5: anémomètre - 6: hygromètre.

Nous avons adopté une ventilation de 0,9 m/s en accord avec les travaux de MITCHELL et GARDNER selon lesquels, au-dessus de 0,8 m/s, la ventilation n'a plus d'effet sur la durée du séchage. En prenant 0,9 m/s, nous étions au-dessus de cette valeur et étions sûrs de bénéficier de l'action maximale.

Les algues sur lesquelles le procédé fut testé venaient du même lieu que celles du cas précédent (Lampaul-Plouarzel). Elles auraient donné par étalement sur la dune, comme l'a prouvé un lot traité de la sorte, une quantité de 27 grammes d'acide alginique de viscosité 3560 cp pour 100 g de matière sèche.

Le temps de séchage, la teneur en algine, la viscosité de l'alginate de sodium correspondant, pour chaque température, sont indiqués au tableau 3.

Ce tableau met en évidence que la durée du séchage a fortement diminué, surtout entre 20 et 50 °C, par rapport à celle du système précédent. Il n'y a pour ainsi dire pas de modification de la teneur en acide alginique. En ce qui concerne la viscosité, nous avons rapporté ses valeurs sur le graphique de la figure 1. La courbe qu'il en est résulté montre :

qu'entre 20 et 40 °C, elles sont supérieures (4500, 4200, 3700 cp) à celle que donnerait le même acide alginique si les algues avaient été étalées sur la dune ;

qu'il n'y a diminution par rapport à la viscosité témoin qu'à partir de 50°. Bien que la perte soit loin d'être aussi importante qu'en absence de ventilation, elle atteint tout de même 22 % à 50°, 50 % à 60°, 60 % à 100 °C.

Ainsi, le séchage thermique sous ventilation apparaît comme étant, entre 20 et 40 °C, aussi intéressant quant au respect des qualités des laminaires que la méthode traditionnelle effectuée dans les meilleures conditions (ce qui n'est pas toujours le cas). Il lui est supérieur à 20 et 30°. Il semble que la température de 40° soit la plus favorable car elle permet l'obtention d'un produit au moins aussi visqueux que celui extrait après étalage sur la côte et une durée de traitement relativement courte

Température en °C	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Durée du séchage (h)	5 h. 40	5 h. 10	4 h. 30	3 h. 35	3 h.	2 h. 40	2 h. 20	1 h. 50	1 h. 30	1 h. 20
Teneur en algine (en % M.S.)	25,7	26,3	26,3	25,7	25,5	25,5	25,3	24,4	25,5	25,2
Viscosité en cp	4500	4200	3760	2700	1800	1750	1740	1720	1400	900

TABLE. 3. — Teneur en acide alginique et viscosité de l'alginate de sodium correspondant dans le cas du séchage thermique avec ventilation.

(4 h à 4 h 30). Au-dessous de 40°, on réalisera certes de plus hautes viscosités mais la déshydratation demandera plus de temps ; le tonnage quotidiennement traité s'en trouvera réduit ; au-dessus de 40°, à la faveur d'un séchage plus rapide, le rendement pourra être augmenté mais la qualité de l'algine sera abaissée.

Le « flash drying »

Ce type de séchage consiste, comme son nom l'indique, à soumettre l'algue pendant un temps très bref à une température très élevée, la vaporisation rapide de l'eau protégeant le thalle contre la forte chaleur. Il est utilisé en Norvège depuis quelques années et, depuis peu, en France pour le séchage du *Chondrus crispus* et du *Gigartina*, par l'usine AUBY, deuxième productrice mondiale de carrageenanes.

Ce procédé peut-il être appliqué aux laminaires de nos côtes sans qu'il en résulte une détérioration trop importante de l'acide alginique ? Nous avons entrepris avec la collaboration de la société AUBY qui a bien voulu traiter des lots de *Laminaria digitata* dans son séchoir de Penmarc'h (en principe réservé au *Chondrus*) l'analyse de l'effet d'un tel séchage sur la viscosité de l'algine.

Le séchoir de Penmarc'h se compose principalement (fig. 3) d'un cylindre de 11 mètres de long et 150 cm de diamètre, tournant à la vitesse constante de 4 tours/mn. Un ventilateur à puissance réglable propulse à l'intérieur du tube des gaz ayant acquis par passage devant une rampe de brûleurs à fuel une température de 300 à 850 °C. A l'intérieur du cylindre, ont été disposées de nombreuses pales qui, à chaque tour, soulèvent les algues ; lorsque ces dernières retombent, elles sont, au cours de leur chute, poussées plus avant par le courant d'air : ainsi, se trouve assurée, malgré la disposition horizontale du tube, une progression régulière qu'on peut contrôler en agissant sur la ventilation.

Les laminaires utilisées provenaient d'une récolte effectuée la veille sur la côte nord du Finistère : elles contenaient après égouttage de 86 à 87 % d'eau. Elle furent préalablement découpées, par un hachoir, en lambeaux de 10 à 30 cm de long.

Le tableau 4 rassemble pour une meilleure lecture les conditions ⁽¹⁾ auxquelles ont été soumis respectivement les différents lots et les résultats relatifs à l'analyse au laboratoire ⁽²⁾. On peut ainsi

1. Le réglage du séchoir a été effectué par M. BERTRAND, ingénieur à la société AUBY.

2. Les évaluations de la viscosité ont été faites conjointement par le laboratoire d'analyse de la société AUBY (M. GROS et M. FOLCHER) et par le laboratoire d'Algologie appliquée de l'I.S.T.P.M.

constater qu'il est possible d'utiliser ce type de « flash drying » pour la déshydratation des laminaires puisqu'il permet l'obtention, dans certaines conditions, de viscosités au moins équivalentes, souvent supérieures (lots 5 et 6), à celles fournies par les algues étalées sur la dune (2700 cp).

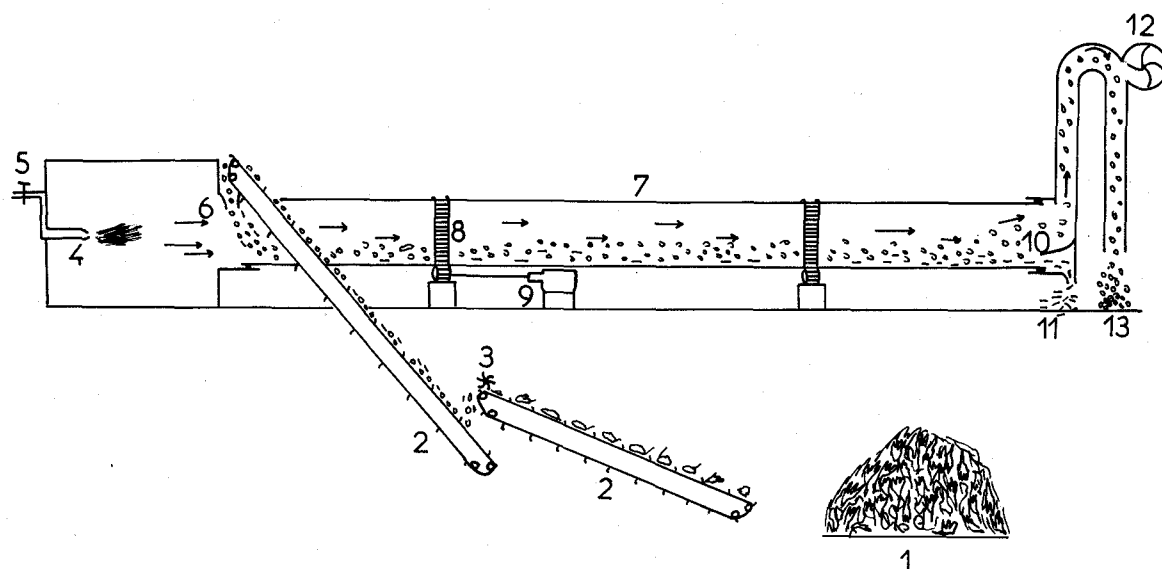


FIG. 3. — Schéma du séchoir de Penmarc'h. 1: tas d'algues fraîches - 2: système de tapis roulants amenant les algues à l'entrée (6) du cylindre rotatif (7) - 3: hachoir - 4: brûleur - 5: alimentation du brûleur - 8: système d'engrenages permettant la rotation du cylindre - 9: moteur électrique - 10: piège à cailloux séparant stipes et lames - 11: stipes - 12: système aspirant les lames - 13: sortie des lames séchées.

Lot	Vitesse ventilateur (tours/mn)	Temp. entrée (°C)	Temp. sortie (°C)	Teneur en eau finale (%)	Viscosité (cp)	Rendement (kg frais/h)
1	550	330	170	14	720	175
2	550	350	155	18	1600	/
3	550	375	140	23	2260	300
4	550	620	153	24	1940	750
5	750	600	158	25	2880	900
6	750	600	157	26	3480	900

TABL. 4. — Résultats des principaux essais effectués au séchoir de Penmarc'h. La supériorité de la viscosité obtenue pour le lot 6 provient d'un meilleur réglage du four, la variation autour des températures (d'entrée et de sortie des gaz) inscrites sur le tableau ayant été très faible, par rapport à celle qui s'est produite dans le cas du lot 5.

Les essais 1, 2 et 3, ainsi que les nombreuses expériences préliminaires non portées sur le tableau, ont montré qu'il est indispensable d'arrêter l'opération dès que la teneur en eau s'approche de 25 % ; on limite ainsi le temps d'exposition à la chaleur qui provoquerait d'importantes dégradations surtout en fin de parcours lorsque la vaporisation alors peu active protège l'algue de moins en moins. Tant que la teneur en eau reste supérieure à 25 %, la température interne des frondes ne dépasse pas 50 °C, ce qui explique le maintien d'une bonne viscosité.

Le deuxième point sur lequel notre attention fut attirée est la nécessité de maintenir l'équilibre entre la ventilation et la température d'entrée des gaz. De 300 à 400 °C, la ventilation correspon-

dant à 550 t/mn suffit à éviter l'altération de la viscosité ; par contre, à 600-650 °C, il faut un courant d'air plus rapide (750 t/mn : essais 5 et 6) sans lequel il y a une diminution sensible des qualités de l'algine.

A partir de 700 °C, le réglage de l'appareil devient difficile. Tantôt, la température initiale étant très élevée, l'algue perd rapidement une partie de son eau et, plus légère, se déplace trop vite si bien qu'elle n'a pas atteint encore à la sortie la teneur en eau requise ; tantôt, la ventilation ayant été abaissée pour éviter cet inconvénient, les fragments circulent trop lentement et on récupère à la sortie des thalles partiellement brûlés. A ces températures de 700 à 800 °C, la régulation s'effectue au degré près d'où la difficulté, vu l'inertie du tube, à parvenir à un équilibre.

D'après les essais effectués entre 600 et 700 °C, on peut déjà voir que ce système de séchage donne un rendement intéressant : nous avons en effet pu atteindre un débit de 900 kg d'algues fraîches à l'heure, ce qui correspond à un rendement de 20 tonnes par jour, donc bien supérieur à celui caractérisant les autres procédés. Ces chiffres d'ailleurs pourraient être améliorés par un meilleur cloisonnement du séchoir et la détermination de l'équilibre ventilation/chaleur au niveau des températures extrêmes (850 °C).

Conclusion.

Nous n'avons certes pas passé en revue tous les procédés de conservation possibles : la méthode consistant à utiliser l'anhydride sulfureux et celle prônant un stockage en atmosphère raréfiée n'ont pas été analysées ; celle faisant intervenir la lyophilisation, trop coûteuse (le kg de laminaire fraîche qui revient actuellement à 10 centimes vaudrait, une fois lyophilisé, 50 centimes) a été dès l'abord écartée. Parmi les moyens que nous venons de voir au cours de cette étude, la formolisation, le séchage simple par ventilation et le « flash drying » paraissent tous les trois pouvoir remplacer la méthode traditionnelle tout en donnant des produits de qualité égale.

Cependant, la formolisation, si elle supprime les inconvénients de la technique artisanale, n'en garde pas les avantages en particulier celui de réduire le poids des thalles de quatre cinquièmes. Le séchage sous ventilation à des températures modérées s'avère d'un prix de revient élevé et n'est vraiment intéressant que si l'on désire des extraits de très hautes qualités. Le « flash-drying » semble devoir offrir la solution la plus pratique puisqu'il permet, pour un prix de revient relativement abordable, la déshydratation de grandes quantités d'algues sans provoquer plus de dégradation que la méthode actuelle.

C'est donc vers ce type de séchage qu'il faut, à notre avis, se tourner. Il va sans dire qu'il faut faire vite car de l'existence d'un tel système dépend tout l'avenir de notre exploitation des algues. Pour conserver sa place sur le marché mondial et, à plus forte raison, pour l'améliorer, l'industrie des alginates doit s'intensifier et, pour cela, pouvoir compter dans les quelques années à venir sur un tonnage de matière première deux à trois fois supérieur au tonnage actuel. Or, comment les goémoniers pourraient-ils sécher 15000 tonnes d'algues par an sur la dune alors qu'ils n'arrivent pas à en sécher 5000.

Le séchage artificiel, d'une part, en supprimant la pénible besogne de l'étalement sur la dune, ce qui humaniserait ainsi les conditions de vie de la profession, et, d'autre part, en évitant les pertes consécutives aux intempéries, permettrait d'attirer une main-d'œuvre jeune, d'augmenter le nombre de sorties en mer des hommes libérés du travail à terre, de développer l'emploi de nouvelles techniques de récolte, bref de donner à la profession la possibilité de devenir une des plus actives d'Europe.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARRY (V.) et DILLON (T.), 1936. — The preparation of alginic acid and its constitution. — *Scient. Proc. R.D.S.*, 21, 31, p. 285-287.
- BILLY (C.), 1966. — Etude sur l'alginolyse bactérienne en milieu marin. — *Ann. Inst. Pasteur*, 4, p. 591-602.
- BLACK (W.A.P.), 1955. — The preservation of seaweed by ensiling and bactericides. — *J. Sci. Food Agric.*, 6, p. 14-23.
- BLACK (W.A.P.), CORNHILL (W.J.), DEWAR (E.T.), 1952. — Viscosity of alginate solutions. — *J. Sci. Food Agric.*, 3, p. 542.
- BOOTH (E.), 1956. — A method of drying seaweed using a steam-heated drum dryer. — *J. Sci. Food Agric.*, 7, p. 705-710.
- GARDNER (R.) et MITCHELL (J.), 1953. — Through-circulation drying of seaweed ; I) *Laminaria cloustoni* stipe. — *J. Sci. Food Agric.*, 3, p. 113-129.
- GARDNER (R.) et MITCHELL (J.), 1953. — Through-circulation drying of seaweed ; II) *Laminaria cloustoni* frond. — *J. Sci. Food Agric.*, 5, p. 237-245.
- GARDNER (R.) et MITCHELL (J.), 1953. — Through-circulation drying of seaweed ; III) *Laminaria digitata* frond and stipe ; *Laminaria saccharina* frond. — *J. Sci. Food Agric.*, 8, p. 364-373.
- GARDNER (R.) et MITCHELL (J.), 1954. — Through-circulation drying of seaweed ; IV) A graphical design method for continuous multi-stage driers. — *J. Sci. Food Agric.*, 5, october, p. 481-485.
- GARDNER (R.) et MITCHELL (J.), 1956. — A study of seaweed drying. — *Sec. Intern. Seaw. Symp. Trondheim*, p. 63-81.
- HAUG (A.) et SMIDSRØD (O.), 1962. — Determination of Intrinsic viscosity of alginates. — *Acta. Chem. Scand.*, 16, 7, p. 1569-1578.
- MASSONI (R.), 1960. — Alginic acid of *Laminaria* of Brittany coast. — *Coll. Int. C.N.R.S.*, Paris, 103, p. 241-5.
- MERRIT (J.) et COSGROVE (E.), 1958. — The drying of seaweed and other plants. I) Through-circulation of *Ascophyllum nodosum*. — *J. Sci. Food Agric.*, 9, p. 300-308.
- MERRIT (J.), KATSUURA (K.) et YOUNG (G.), 1961. — The drying of seaweed and other plants. IV) Through-circulation drying of *Chondrus crispus* in semi-continuous dryer. — *J. Sci. Food Agric.*, 12, p. 718-724.
- PÉREZ (R.), 1967. — Teneur en acide alginique d'une population de *Laminaria digitata* (L.) LAMOUROUX du plateau du Calvados. — *Rev. Trav. Inst. Pêches Maritimes*, 31 (2).
- PÉREZ (R.), 1968. — La conservation et le stockage des laminaires. — *Science et Pêches, Bull. Inst. Pêches Marit.*, 171, juin.
- STANFORD (E.), 1883. — On algin : a new substance obtained from some of the common species of marine algae. — *Chem. News*, 47, p. 254-7 et 267-69.
- VINCENT (D.), GORING (D.), GORDON (Y.), 1955. — Alginic acid. — *J. Appl. Chem. Lond.*, 5, p. 374.
- VINCENT (D.), 1956. — The preparation of sodium alginate from rockweed. — *Canad. J. Tech.*, 34, p. 220-226.
- WAKSMAN (S.), CAREY (C.) et ALLEN (M.), 1934. — Bacterial decomposing alginic acid. — *J. Bacteriol.*, 28, p. 213-220.
-