

LA CONSERVATION ET LE STOCKAGE DES LAMINAIRES

par René PEREZ

La quantité de laminaires ramassée chaque jour par les goémoniers, pendant les six mois durant lesquels la récolte est autorisée, dépasse largement les possibilités d'absorption quotidienne des usines, d'où la nécessité de stocker le surplus qui sera utilisé pendant les mois où la récolte est interdite.

C'est cette opération de stockage qui constitue actuellement le problème majeur de l'exploitation des laminaires. Ces algues, en effet, pourrissent avec une telle rapidité qu'il faut avoir recours à un traitement préliminaire pour assurer leur conservation.

En France, le procédé utilisé est le séchage sur la « dune », procédé on ne peut plus archaïque et qui correspond de moins en moins aux besoins d'une profession à la veille de devenir une des activités principales des côtes bretonnes.

Aussi m'a-t-il paru intéressant de poser ce problème et d'analyser comment les autres pays l'avaient résolu. Peut-être, ainsi, pourra-t-on faire germer l'idée qui permettra de le résoudre chez nous.

Les inconvénients de la méthode actuelle.

En France, le séchage des laminaires a été, jusqu'à présent, assuré par les goémoniers qui, rentrés au port après une exténuante récolte, étalent soigneusement sur la « dune » les algues qu'ils rapportent.

En aucun cas il ne faut que ces algues soient en contact avec l'eau douce sinon elles blanchissent et perdent une grande partie de leur valeur. Elles doivent donc être mises à l'abri, de jour à l'approche de la moindre averse et le soir pour que la rosée ne les recouvre pas.

De ce fait, la méthode actuelle présente de nombreux inconvénients. Elle est source d'un travail épuisant. Le rendement étant de trois tonnes par marée et par homme, ce sont trois tonnes qu'il faut, le premier jour, étaler le matin et rentrer le soir, six tonnes le deuxième jour (les trois tonnes du premier jour auxquelles se sont ajoutées les trois tonnes récoltées le deuxième jour), neuf tonnes le troisième jour, etc. De plus, lorsque le temps est incertain, ces opérations sont faites plusieurs fois dans la même journée. Un tel travail retient trop souvent les goémoniers sur la côte, les empêchant d'effectuer de nouvelles récoltes. Il est aussi une contrainte pour les familles, car, lorsque les hommes sont en mer, ce sont elles qui doivent courir à la dune avant chaque ondée, pour protéger le goémon étalé. Enfin, le procédé n'est pas efficace lorsque l'air est très humide et le sol saturé d'eau. Les laminaires ne peuvent sécher et pourrissent sur place.

Cette technique ne correspond plus aux besoins de la profession. Pourtant, le tonnage d'algues récoltées est, pour l'instant, relativement modéré. On comprend facilement qu'on ne pourra opérer de cette façon lorsque, après la mise en action des nouveaux moyens de récolte, le tonnage actuel sera doublé et peut-être même triplé.

Il apparaît indispensable et urgent de rechercher une solution à ce problème afin qu'il ne devienne pas l'obstacle bloquant le développement de l'exploitation des laminaires. Il faut donc mettre rapidement au point un système permettant la conservation de l'énorme masse d'algues qui risquent d'être récoltée dans les prochaines années.

Plusieurs moyens pourraient, *a priori*, être intéressants : l'utilisation d'enceintes chauffées permettant un séchage accéléré, l'utilisation de bactéricides, la conservation en milieu anaérobie.

Le séchage thermique.

Cette méthode consiste à soumettre les algues à une déshydratation rapide en les plaçant dans une enceinte chauffée. On peut ainsi traiter, avec un minimum d'appareils et de main-d'œuvre, une grande quantité de matières premières.

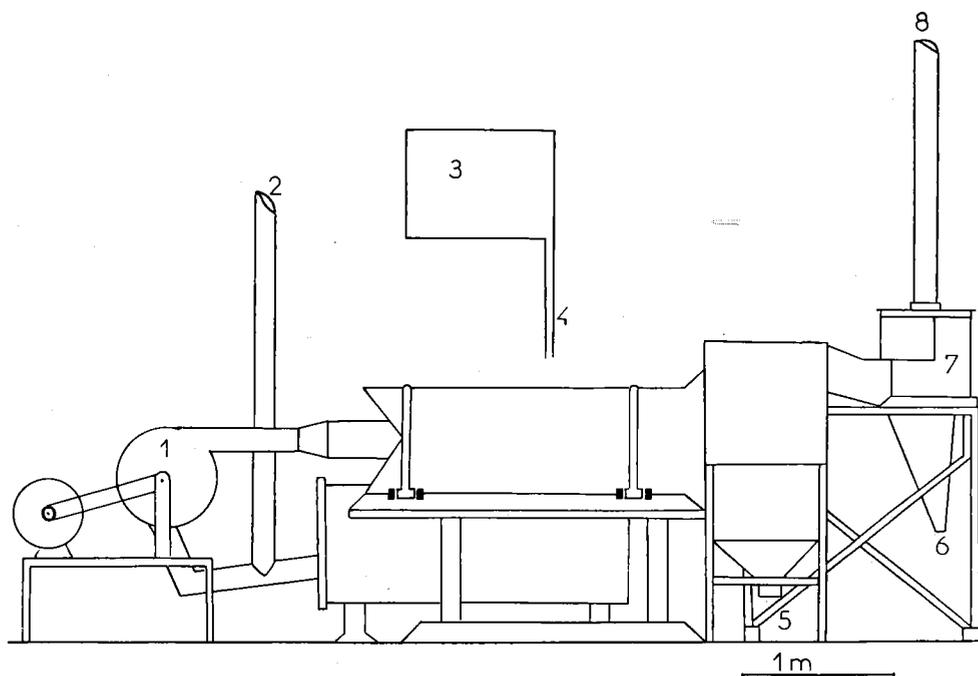


FIG. 1. — Schéma du premier montage expérimenté. 1 ventilateur; 2 cheminée; 3 réservoir de carburant; 4 conduite amenant le carburant; 5 sortie des algues; 6 sortie des poussières; 7 séparateur; 8 sortie des gaz.

Cependant ce système doit répondre à deux impératifs. Il doit être économiquement valable, c'est-à-dire n'augmenter que très peu le prix de revient des algues. Il ne doit pas diminuer les propriétés des produits extraits, en particulier la viscosité de l'acide alginique.

En France, on n'a pas réussi encore à mettre au point un tel système. Certes, de nombreux fours ont été expérimentés, mais aucun ne satisfait pleinement. La difficulté réside dans le fait que l'industrie française ne s'intéresse qu'aux lames de *Laminaria digitata*; or ces lames, une fois placées dans le séchoir, adhèrent fortement les unes aux autres et constituent des amas compacts dont l'extérieur roussit tandis que l'intérieur reste humide.

En Irlande et en Ecosse, le problème a été depuis longtemps résolu car les usines utilisent presque uniquement les stipes de *Laminaria hyperborea* qui séchent remarquablement bien dans les fours tournants.

En Norvège, où les lames et les stipes sont employés, on a fait appel à un système de séchage appelé « flash drying », sur lequel nous ne connaissons que peu de choses. On soumet les algues à une température très élevée pendant un temps très bref, mais il faut remarquer que l'acide alginique extrait des algues de Norvège a une viscosité très supérieure à celui produit à partir des laminaires de France, et qu'en conséquence une perte partielle de la viscosité au cours du traitement n'a pas trop d'inconvénient en Norvège. Il n'en est pas de même chez nous et une grande prudence doit donc être observée en ce qui concerne ce procédé.

Les études faites sur les appareils de séchage thermiques sont nombreuses mais beaucoup de résultats n'ont pas été divulgués. C'est à MITCHELL et GARDNER que l'on doit les recherches les plus intéressantes dans ce domaine. Leur premier mérite a été d'essayer, pour les algues, des systèmes déjà utilisés pour le séchage des herbages. Ils ont pu ainsi sélectionner trois types d'installations qui, d'après eux, pourraient servir à sécher les laminaires.

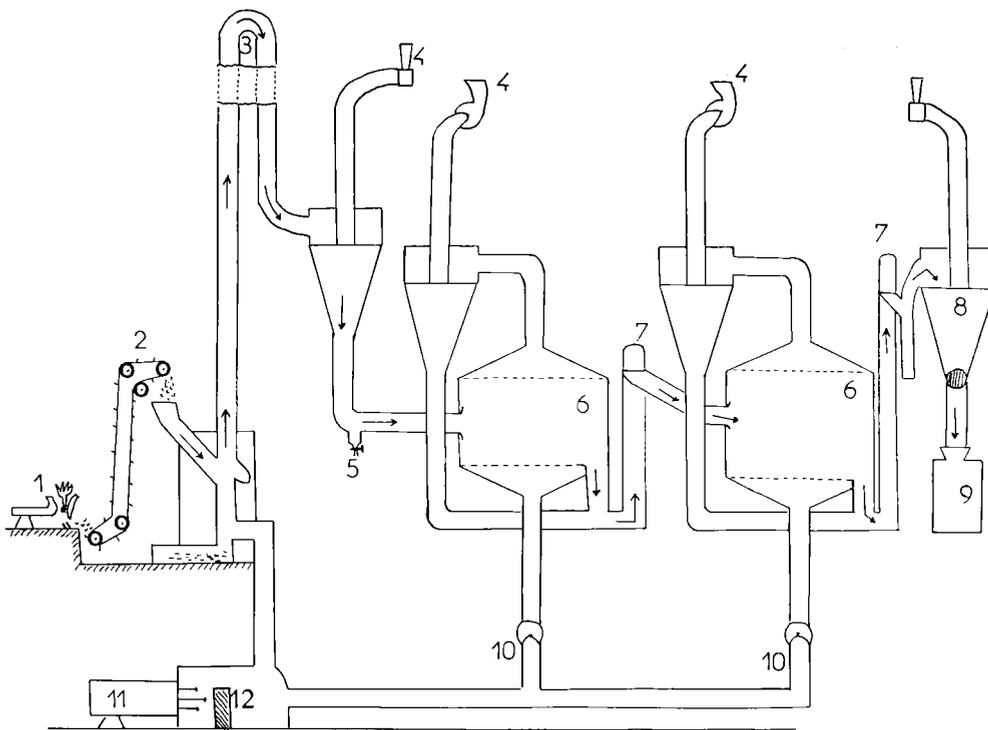


FIG. 2. — Système pour le séchage par air très chaud suivi d'un séchage dans deux tambours rotatifs. 1 hachoir; 2 monte-charge; 3 colonne de séchage; 4 sortie de l'air humide; 5 prélèvement d'échantillons; 6 cylindre rotatif; 7 élévateur; 8 séparateur d'impureté; 9 broyeur; 10 arrivée de l'air chaud; 11 carburant; 12 four.

Le premier montage comprend un puissant ventilateur qui envoie de l'air chaud dans un système rotatif où sont placées les algues. Celles-ci (stipe ou lame) sont, auparavant, coupées en particules d'un centimètre de côté. Si cet appareil (fig. 1) donne de très bons résultats pour le stipe, il ne peut être conseillé pour la lame dont le séchage est incomplet et irrégulier.

Le deuxième séchoir (fig. 2) utilise une ventilation par air très chaud, à 900°C. Les algues, découpées préalablement, sont emportées par un courant d'air à travers un long conduit et terminent leur course successivement dans deux systèmes rotatifs, eux-mêmes parcourus par le courant d'air chaud. A la sortie de l'appareil on obtient des algues complètement déshydratées que l'on peut ré-

duire en poudre. On peut ainsi traiter les stipes en un temps très bref mais ce séchoir présente, pour la lame, les mêmes inconvénients que dans le système précédent ; de plus, les parcelles de lames sont difficilement entraînées par le courant d'air et bouchent souvent les canalisations.

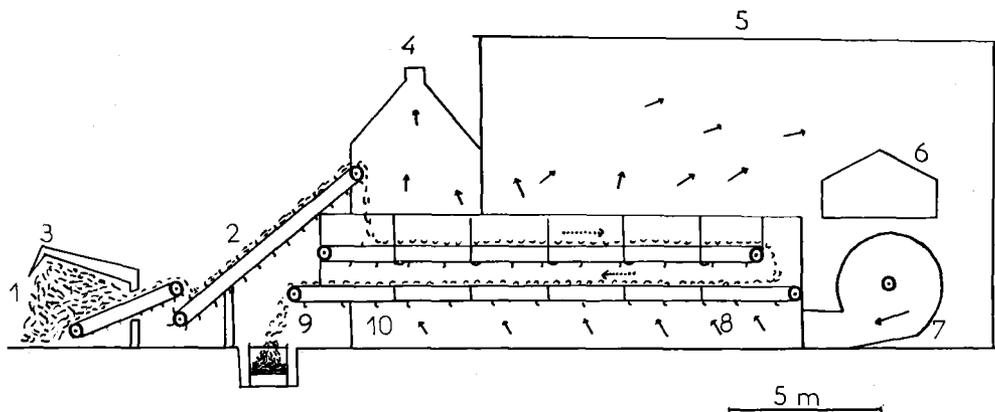


FIG. 3. — Séchoir à tapis roulant. 1 algues fraîches; 2 chargeur à vitesse réglable; 3 toiture protectrice; 4 évacuation des gaz humides; 5 chambre de séchage; 6 brûleurs; 7 ventilateur principal; 8 courant d'air; 9 sortie des algues séchées; 10 tapis roulant.

Le troisième type de séchoir essayé (fig. 3) consiste en deux tapis roulants fonctionnant en sens inverse ; les laminaires coupées en morceaux, à l'entrée de l'appareil, sont véhiculées à travers un courant d'air à 80°C par le premier tapis, puis tombent sur le second qui leur fait faire le chemin inverse et les conduit à la sortie. Lorsque les parcelles de thalles passent d'un tapis roulant sur l'autre, elles

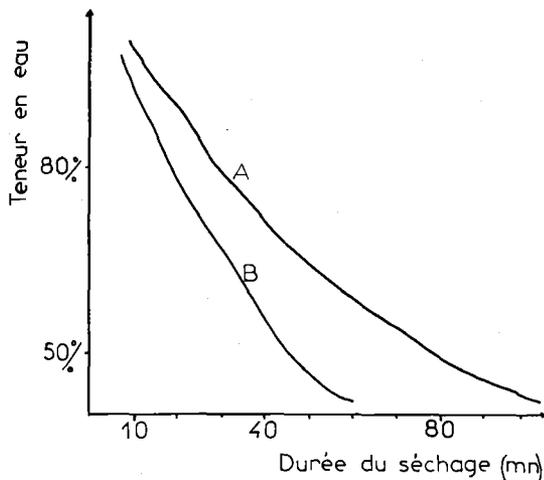


FIG. 4. — Effets de l'agitation; expériences faites sur *Laminaria digitata* (lame). Agitation du panier toutes les heures dans le cas de la courbe A, agitation toutes les quinze minutes dans le cas de la courbe B. (Vitesse de l'air : 0,8 m/s; température : 70°C; épaisseur du lit : 2 g d'algues au cm².)

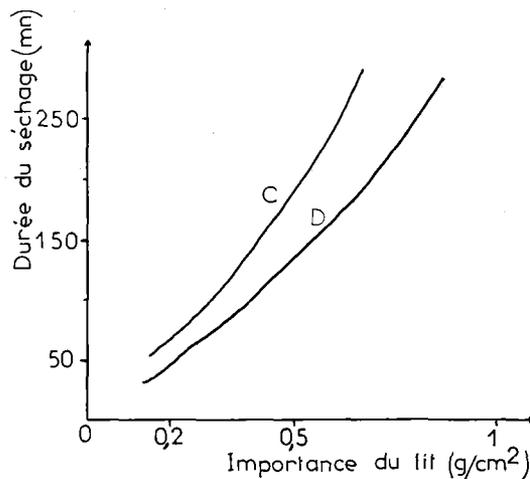


FIG. 5. — Influence de l'épaisseur du lit. La courbe C concerne les algues broyées; la courbe D les algues hachées. (Température : 70 °C; vitesse de l'air : 0,8 m/s.)

se retournent et ainsi leurs deux faces sont exposées au courant d'air. Ce dernier appareil donne d'excellents résultats aussi bien pour les stipes que pour les lames, et on peut obtenir, selon la vitesse du monte-charge et des tapis roulants, la teneur en eau désirée. Cependant la durée du séchage est longue (15 à 20 h).

Par la suite, MITCHELL et GARDNER ont fait construire un séchoir expérimental, spécialement équipé afin de pouvoir étudier l'action des différents facteurs intervenant dans le séchage des algues. Cet appareil comprenait un ventilateur à débit et température réglables, provoquant un courant d'air qui traversait un panier contenant les algues. Voici, en quelques lignes, les conclusions obtenues.

Lorsque le panier chargé d'algues reste immobile, la couche supérieure sèche plus rapidement et commence à roussir alors que la couche inférieure est encore humide. Pour éviter cela il suffit, dans le cas du stipe, d'inverser de temps en temps le sens d'arrivée de l'air chaud. Pour la lame, le seul moyen consiste à agiter fréquemment le panier. L'agitation apparaît donc nécessaire au séchage correct de la lame car elle permet, comme le montrent les courbes de la figure 4, une diminution du temps de séchage (de 15 %) en brisant les amas, une intensification de l'évaporation, une homogénéisation du chauffage.

Plus le lit d'algues est épais, plus il est difficile d'atteindre la teneur en eau voulue (fig. 5). Pour la lame, une faible augmentation de l'épaisseur du lit se traduit par un accroissement considérable de la durée de séchage, cette épaisseur doit donc rester faible (7 cm au plus).

Le séchage par circulation d'air est le seul valable pour la lame. Sa durée diminue à mesure que la vitesse du courant d'air augmente. La courbe de la figure 6 précise ce fait et montre d'autre part que, pour une épaisseur donnée, il existe une vitesse maximale efficace au-delà de laquelle, la ventilation augmentant, la durée du séchage ne varie plus.

Cette durée est aussi fonction de la température et diminue lorsque celle-ci augmente (63 h à 20°C, 25 h à 40°C, 11 h à 50°C, 6 h à 60°C, 4 h à 70°C, 2 h à 100°C, 45 mn à 200°C pour une couche d'algue de 0,3 cm). En milieu non agité on constate de graves brûlures au-delà de 130°C pour la fronde et de 150°C pour le stipe. L'agitation et la ventilation permettent de supporter des températures plus élevées.

A la suite de ces travaux, MITCHELL et GARDNER ont conclu que le meilleur type de séchoir était celui traversé par un courant d'air chaud à 70°C, comportant un ou plusieurs tapis roulants qui assurent le transport des algues. Le système à plusieurs tapis roulants permet un retournement des thalles lorsque ceux-ci passent d'un tapis sur l'autre.

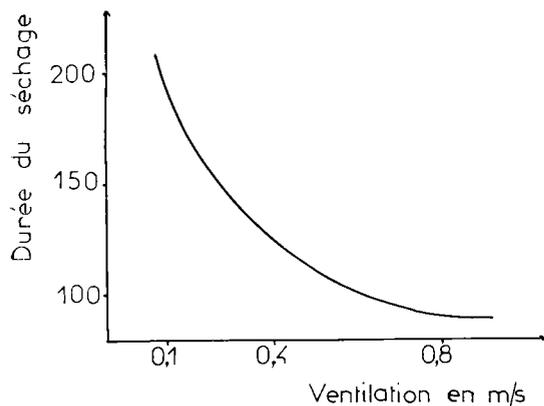


FIG. 6. — Influence de la ventilation sur le temps de séchage.

La possibilité de sécher les lames (après les avoir hachées) dans un cylindre tournant chauffé n'a pas été, à l'origine, retenue car les algues sont trop souvent chargées de graviers qui détérioreraient les couteaux des hachoirs. Il a fallu attendre la mise au point d'un appareil spécial dont le dispositif d'entrée permet de séparer automatiquement les algues des corps étrangers, pour que des études soient entreprises sur la valeur réelle de cette méthode. Récemment, BOOTH a réalisé un engin dont la particularité réside dans le fait qu'il comprend deux tambours juxtaposés, tournant en sens inverse (ce qui a l'avantage de briser les amas), chauffés extérieurement par un courant de vapeur d'eau. D'après les essais effectués aussi bien au laboratoire qu'à l'échelle industrielle, ce type de séchoir aurait un rendement de loin supérieur à tous les systèmes connus jusqu'à présent.

Cependant, bien que les particules d'algues ne viennent au contact des parois des cylindres que durant des périodes de quinze à vingt secondes et que la température intérieure ne dépasse pas 50°C, on note une diminution appréciable de la viscosité de l'acide lignique (tabl. 1).

Ce séchoir ne peut donc être utilisé pour la production d'alginate à haute viscosité mais il est, d'après BOOTH, l'appareil idéal lorsqu'il s'agit d'obtenir des alginate de viscosité moyenne.

Espèces traitées	Séchage à l'air ambiant		Séchage dans le cylindre	
	Teneur en acide alginique %	Viscosité (cp)	Teneur en acide alginique %	Viscosité (cp)
<i>L. cloustoni</i>				
lame	15,3	7,7	15,2	7,3
stipe	14,8	17	17	4,5
<i>L. digitata</i>				
lame	23,8	9,7	25,1	6,5

TABLE. 1. — Différence de viscosité de l'acide alginique suivant le modèle de séchage. La viscosité mesurée est celle d'une solution de chlorure de sodium à 0,1 N contenant 0,25 % d'alginate de sodium.

Si BOOTH aborde quelque peu le problème de l'influence de la technique utilisée sur la viscosité de l'acide alginique, MITCHELL et GARDNER n'y font guère allusion. Or, quels que soient les avantages d'un appareil de séchage, il n'a aucune valeur s'il détruit les propriétés intéressantes des algues traitées et, en particulier pour les laminaires, s'il entraîne une diminution de la viscosité de l'acide alginique.

A. HAUG, travaillant sur les laminaires norvégiennes montre que, déjà dans le cas d'un séchage à l'air ambiant, la viscosité de l'acide alginique est affectée. J'ai pu vérifier ce fait :

Lame de <i>Laminaria digitata</i>	viscosité de l'acide alginique (cp)
partie utilisée fraîche	5860
partie séchée sur la « dune »	3620

La viscosité a été déterminée sur un mélange contenant 1 g d'acide alginique pur et sec, 0,3 g de carbonate de sodium, 100 g d'eau distillée.

Cette chute de la viscosité est accélérée lorsqu'on utilise un séchage thermique ; elle est fonction de sa durée et de sa température.

Nous avons entrepris des recherches qui devraient permettre d'analyser avec précision l'influence de chacun de ces facteurs et de déterminer les limites critiques à ne pas dépasser pour que les propriétés de l'acide alginique ne soient pas altérées. Les résultats obtenus ont montré qu'il fallait être très prudent sur cette question du séchage par la chaleur car une faible élévation de la température se traduit par une diminution importante de la viscosité de l'algine (perte de 50 % à 40°C). Il faut donc s'attacher à réduire la durée du traitement sans faire appel à une élévation de la température.

Devant tous ces problèmes relatifs aux séchoirs thermiques la question se pose de savoir si, en fin de compte, le séchage constitue la solution la plus intéressante pour la conservation des algues et de leurs propriétés. Jusqu'à présent, les goémoniers se chargeant de l'opération, le prix de revient en était pratiquement nul et ce procédé primait tous les autres. Or, l'emploi de séchoirs thermiques va entraîner une augmentation du prix de revient des laminaires. Il faut donc évaluer si les deux autres méthodes (emploi de bactéricides et ensilage anaérobie) qui permettent aussi la conservation des algues, ne seraient pas moins onéreuses et ne respecteraient pas, dans une plus large mesure, les propriétés des produits extraits.

Conservation par bactéricides.

W.A.P. BLACK signale que, dès 1952, des essais de conservation de laminaires par des bactéricides tels que le métabisulfite, le trichlorophénol et le pentachlorophénol, ont été effectués. Cependant, ces produits, pour être efficaces, doivent être utilisés en forte concentration.

En Amérique du Nord, certaines usines pratiquent depuis longtemps le stockage des algues dans l'eau de mer formolée (à 5 %) et sursalée (55 ‰). Il y a, certes, dans ce cas, une altération de la composition chimique de l'algue dont la majeure partie des composés solubles se répandent dans le milieu ambiant, mais il semble qu'il n'y ait pas de variation de la teneur en acide alginique. Il faut cependant veiller à ce que toutes les parties de l'algue soient convenablement imprégnées, donc : soit utiliser une quantité de liquide considérable, soit couper les algues en parcelles, ce qui, dans les deux cas, élève le coût de l'opération.

Il est enfin intéressant de rappeler qu'en 1937 un procédé de conservation des laminaires par imprégnation gazeuse à l'aide d'anhydride sulfureux, a été placé sous brevet.

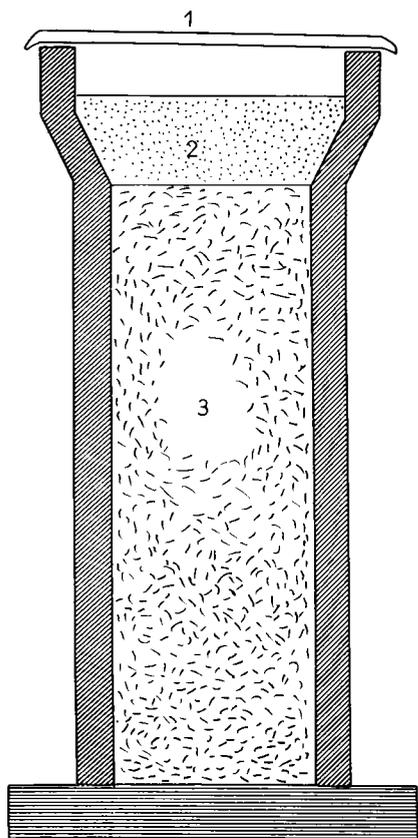


FIG. 7. — Silo expérimental de BLACK. 1 plaque métallique; 2 couche de terre; 3 algues hachées.

Ensilage anaérobie.

Les travaux concernant l'ensilage des algues sont dus à BLACK. Cet auteur a constaté qu'en condition aérobie, les laminaires se décomposent très rapidement : les alginates et le mannitol sont les premiers affectés. Par contre, en condition anaérobie, il se produit après un court laps de temps, une fermentation qui abaisse le pH et arrête toute prolifération bactérienne : il n'y a alors aucun changement dans la teneur en acide alginique.

Par exemple, pour une fronde de *Laminaria cloustoni* gardée à 30°C en milieu anaérobie, après un jour, la teneur en acide alginique est de 15,8 %, après 14 jours 16,2 % et après 72 jours 16 %.

Pour concrétiser ses résultats, BLACK fit construire un silo (fig. 7) dans lequel il entassa jusqu'à 30 cm du sommet, des algues coupées en morceaux; il recouvrit la partie supérieure d'une épaisse couche de terre tassée (20 cm) qui empêchait toute pénétration d'air, et plaça au-dessus une 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. La teneur en eau avait varié de 66,8 % à 67,1 %, les teneurs en cendres et acide alginique n'avaient presque pas varié (tabl. 2).

Ce moyen de conservation est, mis à part le coût du silo, extrêmement peu onéreux. Mais aucune recherche n'a été faite en ce qui concerne les propriétés des extraits obtenus. Nous nous proposons d'entreprendre les études à ce sujet.

Suivant ce type de conservation en milieu sans air, certains fermiers emploieraient pour conserver les fourrages, sans qu'il y ait perte de valeur nutritive, des silos « à vide », c'est-à-dire des silos

Durée de l'expérience	pH	Teneur en eau %	Teneur en cendres %	Teneur en acide alginique %
Echantillon initial	6,26	66,8	19,6	24,3
après 48 heures	5,38	66,8	19,0	24,2
72 —	5,00	66,5	18,5	24,1
96 —	5,29	67,0	18,7	23,2
120 —	5,47	67,1	19,0	23,1
21 jours	5,43	66,3	18,8	24,2
102 —	5,47	67,1	19,6	24,0

TABL. 2. — Variations du pH, des teneurs en eau, cendres et acide alginique dans l'expérience de BLACK.

dans lesquels un ou deux moteurs entretiennent un vide poussé. Une telle technique pourrait-elle être utilisée pour les algues ? Avant de formuler toute hypothèse, de plus amples renseignements sur ce procédé seront recherchés.

Conclusion.

Pour résoudre le problème de la conservation des laminaires et plus généralement des algues, trois possibilités sont donc à examiner :

la mise au point d'un appareil de séchage économiquement valable et qui ne détériore pas les principales propriétés des algues,

la conservation par bactéricides,

la conservation en milieu anaérobie ou en milieu raréfié (par le vide).

Si ce problème semble difficile à résoudre, c'est qu'en fait il n'a jamais été vraiment posé puisque les goémoniers acceptaient, bon gré, mal gré, d'assurer le séchage. Aussi peut-on penser que, puisqu'il est étudié maintenant avec attention, la solution ne devrait pas tarder.

Les moyens auxquels on peut faire appel sont nombreux et les expériences en cours au laboratoire devraient permettre de choisir celui qui respecte le mieux les propriétés des algues.