



HAL
open science

Application de prétraitements aux procédés de séchage de macroalgues

Jeanne Le Loeuff, Virginie Boy, Pascal Morançais, Nathalie Bourgougnon,
Jean-Louis Lanoisellé

► **To cite this version:**

Jeanne Le Loeuff, Virginie Boy, Pascal Morançais, Nathalie Bourgougnon, Jean-Louis Lanoisellé. Application de prétraitements aux procédés de séchage de macroalgues. CNRIUT 2025 Bayonne - Pays Basque, IUT de Bayonne Pays Basque, Mar 2025, Bayonne, France. <hal-05093503>

HAL Id: hal-05093503

<https://hal.science/hal-05093503v1>

Submitted on 2 Jun 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Application de prétraitements aux procédés de séchage de macroalgues

Jeanne Le Loeuff^{1,*} Virginie Boy¹ Pascal Morançais²
Nathalie Bourgougnon³ Jean-Louis Lanoisellé^{1,†}
jeanne.le-loeuff@univ-ubs.fr virginie.boy@univ-ubs.fr pascal.morancais@univ-ubs.fr
nathalie.bourgougnon@univ-ubs.fr

¹ IUT de Lorient - Pontivy, site de Pontivy, Université Bretagne Sud
Institut de Recherche Dupuy de Lôme, IRDL UMR CNRS 6027

² IUT de Lorient - Pontivy, site de Pontivy, Université Bretagne Sud
Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines, LBCM, EA 3884

³ Université Bretagne Sud, site de Vannes
Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines, LBCM, EA 3884

Thèmes – Autre

Résumé – *Le présent article fait l'objet de travaux de recherche concernant l'application de prétraitements avant des procédés de séchage afin d'optimiser le séchage et d'améliorer la qualité des algues séchées. Ces procédés ont été appliqués sur les macroalgues brunes *Sargassum muticum*. Les prétraitements appliqués regroupent indépendamment la déshydratation par pressage et les champs électriques pulsés (CEP). Tout d'abord, ces prétraitements ont été optimisés en suivant la cinétique de déshydratation pour le pressage, et en étudiant la cinétique de désintégration pour les CEP. Ensuite, certaines conditions de ces prétraitements ont été appliquées dans le but d'étudier leur impact sur les cinétiques de séchage, les propriétés fonctionnelles, la couleur et la composition biochimique des algues.*

Mots-Clés – *Champs électriques pulsés, déshydratation par pressage, macroalgues, séchage.*

Section(s) CNU pour cet article – 62.

Article présenté à l'oral par un(e) doctorant(e) – NON

1 Introduction

De part leur fort taux d'humidité initial et leur saisonnalité, les algues doivent souvent être stabilisées en vue de faciliter leur valorisation. Le procédé de séchage est largement utilisé comme technique de préservation des produits agricoles et alimentaires. Des prétraitements peuvent être appliqués afin de réduire les coûts énergétiques liés à ce procédé thermique. Cette étude s'est intéressée à deux prétraitements et à trois procédés de séchage pour une application sur les macroalgues brunes *Sargassum muticum* présentes sur les côtes européennes.

2 Procédés appliqués

Deux prétraitements ont été appliqués indépendamment avant différents procédés de séchage. Les algues *Sargassum muticum* utilisées dans cette étude ont été récoltées sur la plage de Kercambre à Saint-Gildas-de-Rhuys et stockées à 4 °C dans de l'eau salée jusqu'à leur utilisation.

2.1 Prétraitements

- Déshydratation par pressage

Le prétraitement par pressage a été appliqué à une pression constante de 3,2 bar sur des algues au préalable rincées et coupées à la taille de 10 cm. La cinétique de déshydratation a été réalisée avec le suivi de la masse du jus extrait. Un premier pressage de 5 min a été effectué, puis les algues ont été remuées avant d'être soumises à nouveau à un pressage de 5 min. Les algues ainsi pressées ont été directement séchées.

- Champs électriques pulsés (CEP)

Ce prétraitement permet d'extraire des molécules d'intérêt ou l'eau contenue dans les cellules par électroporation de la membrane. Il a été appliqué avec des intensités variant entre 200 V cm⁻¹ et 3 000 V cm⁻¹ permettant jusqu'à une désintégration totale de *Sargassum muticum*. Les algues utilisées ont été rincées à l'eau du robinet et coupées à 10 cm de longueur avant d'être soumises au prétraitement, puis au séchage. Afin d'obtenir les cinétiques de désintégration des algues, l'impédance a été relevée après chaque train d'impulsion de 3 secondes, et ce pour les 15 trains appliqués pour tracer la cinétique pour chaque intensité.

L'indice de désintégration Z (-) est ensuite calculé comme suit [1] :

$$Z = (\sigma - \sigma_i) / (\sigma_d - \sigma_i)$$

Avec σ ($\mu\text{S cm}^{-1}$) correspondant à la conductivité au temps t , σ_i ($\mu\text{S cm}^{-1}$) est la conductivité initiale des algues et σ_d ($\mu\text{S cm}^{-1}$) correspond à la conductivité d'un échantillon dont toutes les cellules sont endommagées. Ici, cette valeur est obtenue en effectuant trois cycles de congélation/décongélation ($9\,397 \pm 101 \mu\text{S cm}^{-1}$).

2.2 Procédés de séchage

- Jets d'air impactants

Ce procédé de séchage a été appliqué à une température de 40 °C à deux vitesses de l'air, à savoir 7 m s⁻¹ et 21 m s⁻¹. Les jets d'air sont formés par deux plenums pouvant être de différentes configurations. Dans la présente étude, il s'agit de seize buses triangulaires espacées de 50 mm composées de fentes rectangulaires de 3 mm de largeur. Par cette configuration, les jets d'air sont impactés perpendiculairement aux algues prétraitées par déshydratation par pressage. Effectué en monocouche de 4 mm d'épaisseur, les algues ont été pesées dès 1 minute de séchage, puis toutes les 10 minutes jusqu'à la fin du séchage.

- Lyophilisation

Les algues prétraitées par CEP ont ensuite été lyophilisées. Tout d'abord, elles sont congelées au sein de l'enceinte du lyophilisateur (Virtis Advantage XL-70, SP Scientific, Warminster, USA) à -45 °C pendant 5 heures, puis lyophilisées par un séchage primaire à -30 °C à 0,133 bar pendant 13 heures et un séchage secondaire à 50 °C à 0,067 bar pendant 5 heures. Les masses initiales et finales ont été relevées mais des pesées au cours de la lyophilisation ne sont pas possibles puisque l'appareil fonctionne sous-vide.

- Séchage par convection naturelle en étuve

Placées dans une étuve (Modèle 600, Memmert, Schwabach, Allemagne), les algues prétraitées par les deux prétraitements indépendamment ont été séchées par convection naturelle à une très faible vitesse de l'air et à une température de 40 °C (précision ± 2 °C). Les échantillons ont été pesés toutes les 10 minutes jusqu'à la fin du séchage.

Les effets des prétraitements sur les algues séchées sont ensuite déterminés en comparant les propriétés fonctionnelles des algues (capacité de rétention d'eau et ratio réhydratation), leur couleur et leur composition biochimique (acides uroniques, protéines, sucres neutres, matière minérale et composés phénoliques). Les cinétiques de séchage ont également été comparées.

3 Résultats

3.1 Cinétique des prétraitements

Il s'avère que le prétraitement par pressage permet de réduire de manière significative l'humidité initiale des algues avec une réduction entre 39 % et 50 %. Concernant les CEP, la perte d'eau des algues fraîches est de l'ordre de 17 % à 20 % en fonction du niveau de désintégration. Cette diminution d'eau contenue dans le produit permet ainsi de réduire les temps de séchage.

De plus, les cinétiques de désintégration des algues par CEP ont permis de relier l'indice de désintégration Z avec l'intensité du champ électrique (Fig. 1), facilitant la

détermination des conditions opératoires du prétraitement en fonction de la désintégration souhaitée.

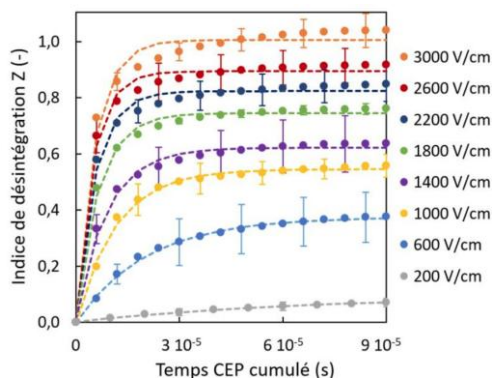


Figure 1 – Cinétique de désintégration de *Sargassum muticum* au cours du traitement par champs électriques pulsés

3.2 Impact des prétraitements sur les cinétiques de séchage

Les prétraitements réduisent les temps de séchage par convection naturelle jusqu'à 330 minutes. Au-delà de ce temps, toutes les courbes sont confondues et l'effet des prétraitements sur l'humidité n'est plus visible. Par ailleurs, les CEP ne permettent pas d'améliorer de manière significative les cinétiques de séchage en étuve à 40 °C de *S. muticum*.

En revanche, le prétraitement par pressage permet de réduire les temps de séchage pour les deux vitesses de l'air étudiées pour le séchage par jets d'air impactants. Les résultats obtenus pour les deux temps de pressage ont démontré qu'un pressage de 5 min appliqué en tant que prétraitement, permettait une meilleure optimisation de ce procédé de séchage. Ce temps sera donc retenu.

Concernant l'application des CEP avant la lyophilisation, ils améliorent la diffusion, et donc les cinétiques de lyophilisation. Par ailleurs, les effets des CEP sur les cinétiques sont relativement proches, puis se confondent après 300 minutes de lyophilisation. Il n'est donc pas nécessaire de pousser la désintégration à son maximum.

3.3 Effets des prétraitements sur les propriétés fonctionnelles, la couleur et la composition biochimique des algues

Le prétraitement par CEP, et ce pour les deux degrés de désintégration, présente les mêmes impacts sur le ratio de rétention d'eau et la capacité de rétention d'eau que les algues non traitées, à savoir une meilleure rétention d'eau pour les algues lyophilisées que les algues séchées à l'étuve. Pour le pressage de 10 min avant le procédé de séchage, les résultats de la capacité de rétention d'eau sont améliorés par rapport au temps de 5 min. De plus, la capacité de rétention d'eau est moins impactée à l'étuve qu'au séchage par jets d'air à 21 m s⁻¹.

Il s'avère que le procédé de séchage impacte

significativement la couleur des algues. Cette différence est visible à l'œil nu (Fig. 2). Les algues séchées à l'étuve sont les plus foncées démontrant un impact plus important sur les pigments des algues.

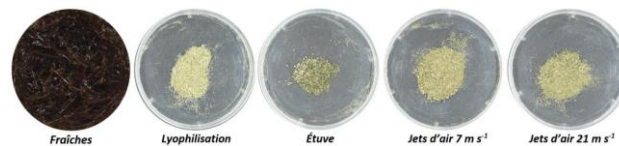


Figure 2 – Photographies des algues séchées sans prétraitement et une photographie d'algues fraîches

De plus, l'impact des prétraitements sur la couleur des algues séchées varie fortement d'un procédé de séchage à l'autre.

D'un point de vue composition biochimique, ces prétraitements permettent notamment de conserver les acides uroniques, et donc les alginates, et d'extraire davantage les minéraux qui sont évacués dans les jus extraits lors des prétraitements par CEP.

4 Conclusions

Ces travaux de recherche ont permis de mettre en évidence l'impact positif des prétraitements par déshydratation par pressage, ainsi que par champs électriques pulsés sur l'humidité initiale avant séchage de *Sargassum muticum*. De plus, ils influencent de manière significative la composition biochimique des algues séchées, malgré le fait qu'ils impactent la structure microscopique des algues, notamment les CEP. Cet effet est répercuté sur certaines propriétés fonctionnelles du produit séché comme sa capacité de rétention d'eau. Le prétraitement à appliquer et les paramètres correspondants dépendront des résultats obtenus sur les propriétés fonctionnelles du produit séché et de la voie de valorisation choisie, à savoir si les algues séchées devront être réhydratées ou non.

5 Remerciements

Les auteurs expriment leurs remerciements à l'entreprise CIMS (Sablé-sur-Sarthe, France) pour leur support technique, ainsi qu'à Pontivy Communauté, la Région Bretagne et l'Union Européenne pour leur support financier sur ces travaux et équipements CEP. Ce travail est en lien avec le projet SAVE-C, dans ce cadre, les auteurs souhaitent également remercier l'Agence Nationale de la Recherche (ANR-19-SARG-0008) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME Convention n° 19MAC0086).

Références

- [1] Nikolai Lebovka, Maksym Bazhal et Eugene Vorobiev, *Estimation of characteristic damage time of food materials in pulsed-electric fields*, Journal of Food Engineering, 54(4), 2002, p. 337 – 346