

Introduction

Palmaria palmata est une algue rouge comestible. Elle est formée d'un crampon qui se prolonge en une fronde souple et large, découpées en plusieurs lobes (Figure 1). Cette algue constitue un excellent apport alimentaire car elle contient jusqu'à 30% de son poids sec en protéines (Mouritsen et collab., 2013), elle est pauvre en iode et elle est plus riche en fer et en vitamines que des végétaux terrestres comme l'épinard (McHugh 2003). Par ailleurs, elle contient beaucoup de fibres et d'éléments minéraux et elle est riche en acide eicosapentanoïque (EPA, oméga 3) (Le Gall et collab., 2004). Il s'agit donc d'un aliment santé. Sous l'appellation de *dulse*, cette espèce qui a une saveur de noisette est déjà récoltée et consommée comme légume de mer, comme condiment et en croustille en Europe du nord et en Nouvelle-Écosse (McHugh 2003). Certaines molécules extraites de cette algue ont des propriétés bénéfiques sur la santé, ce qui ouvre des perspectives d'utilisation par les industries nutraceutique et cosmétique. Cependant, l'exploitation des populations naturelles a atteint son maximum et la culture permettrait de stimuler la synthèse des molécules d'intérêt par ces algues. *P. palmata* peut se cultiver en suspension, dans des bassins, et elle peut être multipliée par simple fragmentation des frondes (Werner et Dring, 2011). La température optimale de croissance de cette espèce se situe entre 6 et 12° C (Werner et Dring, 2011, Corey et collab., 2012).

Objectifs

Les objectifs généraux du projet sont d'optimiser les rendements de culture de *P. palmata* en bassins et d'augmenter son contenu en protéines, en modifiant plusieurs paramètres comme l'âge des algues au moment de la récolte, la composition du milieu de culture, la biomasse des algues dans les bassins et le débit d'alimentation en eau de mer dans les bassins. Les objectifs spécifiques étaient de comparer les performances de productivité, de croissance et de contenu en protéines (1) des jeunes frondes vs les frondes plus âgées, (2) des frondes cultivées avec et sans ajout de nutriments, (3) des frondes cultivées à différentes densités, (4) des frondes cultivées avec différentes vitesses de renouvellement de l'eau dans les bassins.

Matériel et méthodes

Des thalles ≥ 1 an et de jeunes boutures ≤ 1 an de *P. palmata* provenant du bord de mer ont été cultivés entre février et avril 2016, à l'ÉPAQ, en Gaspésie, dans des bassins carrés (0, 55 m (L) x 0,55 m (l) x 0,45 cm (h); 0,3 m² de section) de 140 litres alimentés avec de l'eau de mer à température naturelle et éclairés par des néons (250 micromoles de photons m⁻² s⁻¹; photopériode 16:8 L:O), avec une aération au fond des bassins pour maintenir les algues en mouvement constant (5 secondes par rotation) (Figure 2 A et B).

Différents débits entre 1 changement d'eau par semaine et 1 changement d'eau par heure et des densités entre 0,2 et 5 kg frais d'algues m⁻² ont été testées et certains bassins ont été enrichis une fois par semaine en azote (NaNO₃), en phosphore (NaH₂PO₄-2H₂O) et en minéraux traces (solution de métaux traces de Guillard's F/2) de façon à obtenir une concentration finale de 1 millimole N et 200 micromoles P par semaine, avec un rapport N:P de 50:1. L'ajout des fertilisants avait lieu juste avant la nuit, en fermant l'arrivée d'eau pendant 8 h.

Les paramètres suivants ont fait l'objet d'une mesure hebdomadaire: température, salinité et pH de l'eau de mer, débit d'alimentation en eau de mer, intensité de l'éclairage et vitesse de rotation des frondes. Une fois par semaine, le contenu total en algues de chaque bassin était pesé (poids frais) et l'excès de biomasse était enlevée et séchée à l'étuve (40 °C) pour analyses ultérieures. A cette occasion, 20 frondes étaient aussi mesurées individuellement (poids frais et longueur). Les algues étaient ensuite replacées dans leur bassin.

La productivité des bassins et le taux de croissance spécifique des algues ont été calculés de la façon suivante :

$$\text{Taux de croissance spécifique (\% j}^{-1}\text{)} = \left(\frac{\ln M2 - \ln M1}{T2 - T1} \right) \times 100$$

$$\text{Productivité des bassins (poids frais m}^{-2}\text{ j}^{-1}\text{)} = \frac{M2 - M1}{T2 - T1} \times S$$

M1 et M2= biomasse initiale et finale d'algues fraîches dans les bassins (g)
T1 et T2 = jour de la prise de mesure initiale et finale (jour)
S = section de la partie supérieure du bassin (m²)



Figure 1. *Palmaria palmata* (Linnaeus, Weber & Mohr)

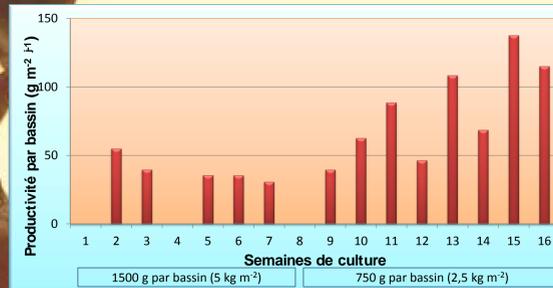


Figure 5. Évolution hebdomadaire de la productivité des bassins de culture en fonction de la biomasse des jeunes frondes. Semaines 1 à 7 : biomasse de 5 kg frais m⁻². Semaines 8 à 16 : biomasse de 2,5 kg frais m⁻². Cultures avec ajout de nutriments.



Figure 3. Comparaison de la productivité des bassins de culture en fonction de l'âge des frondes (moyenne \pm erreur-type; n = 22). Les cultures ont duré 16 semaines, avec et sans ajouts de nutriments.



Figure 6. Comparaison de la productivité des bassins de culture en fonction de la biomasse des jeunes frondes (moyenne \pm erreur-type; n = 8). Les cultures ont duré 8 semaines, avec ajout de nutriments.

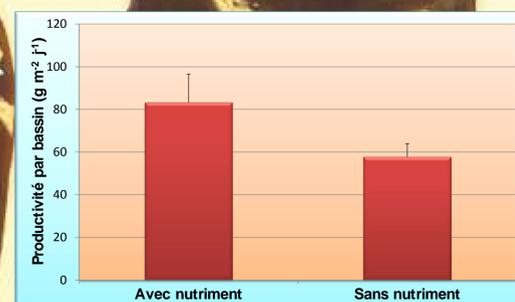


Figure 4. Comparaison de la productivité des bassins de culture de jeunes frondes en fonction de l'ajout de nutriments (N, P et métaux traces) (moyenne \pm erreur-type; n = 8). Les cultures ont duré 8 semaines, avec une biomasse de 750 g d'algues par bassin (2,5 kg m⁻²).

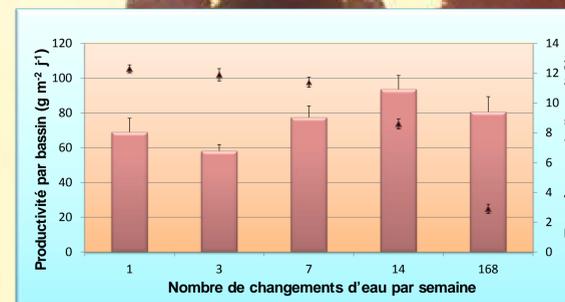


Figure 7. Comparaison de la productivité des bassins de culture de jeunes frondes en fonction de la vitesse de renouvellement de l'eau (moyenne \pm erreur-type; n = 6) (barres). Les cultures ont duré 7 semaines, avec une biomasse de 750 g d'algues par bassin (2,5 kg m⁻²) et ajout de nutriments. Température de l'eau de mer dans les bassins (moyenne \pm erreur-type; n = 7) (triangles).

Résultats

Les résultats de ces travaux exploratoires mettent en évidence plusieurs tendances :

- Le taux de croissance spécifique (2,1 \pm 0,2 % j⁻¹) et la productivité des jeunes frondes ≤ 1 an (63 \pm 6,3 g m⁻² j⁻¹) étaient plus élevés que ceux des frondes ≥ 1 an (1,1 \pm 0,1 % j⁻¹ ; 15,5 \pm 3,5 g m⁻² j⁻¹) (Figure 3).
- Le taux de croissance spécifique (2,9 \pm 0,8 % j⁻¹) et la productivité (83,2 \pm 13,2 g m⁻² j⁻¹) des jeunes frondes cultivées avec un ajout hebdomadaire de nutriments étaient plus élevés que ceux des frondes cultivées sans ajout de nutriment (2,1 \pm 0,4 % j⁻¹ ; 57,7 \pm 6,4 g m⁻² j⁻¹) (Figure 4).
- Le taux de croissance spécifique (2,9 \pm 0,8 % j⁻¹) et la productivité (83,2 \pm 13,2 g m⁻² j⁻¹) des jeunes frondes cultivées à une biomasse de 2,5 kg frais m⁻², étaient plus élevés que ceux des jeunes frondes cultivées à une biomasse de 5 kg frais m⁻² (0,8 \pm 0,1 % j⁻¹ ; 39,2 \pm 4,2 g m⁻² j⁻¹) (Figures 5 et 6).
- La température de l'eau des bassins a varié avec son temps de résidence dans les bassins. Avec 168 changements par semaine (= 1 par heure) la température moyenne était de 2,9° C, proche de celle de l'eau de mer en milieu naturel entre février et avril, tandis qu'avec les débits les plus faibles, la température de l'eau des bassins était de 12° C.
- Le taux de croissance spécifique (3,4 \pm 0,3 % j⁻¹) et la productivité (93,7 \pm 7,9 g m⁻² j⁻¹) des jeunes frondes dans le bassin avec 14 changements d'eau par semaine (= 2 par jour) et une température de 8,6° C étaient plus élevés que ceux des autres bassins (Figure 7).
- Le taux de croissance spécifique (4,9 % j⁻¹) et la valeur de productivité (137 g m⁻² j⁻¹) les plus élevés ont été observés dans le bassin de jeunes frondes, avec ajout de nutriments et une biomasse de 2,5 kg frais m⁻².

Références citées dans le texte

Corey P, Kim JK, Garbary DJ, Prithiviraj B et Duston J. (2012). Bioremediation potential of *Chondrus crispus* (Basin Head) and *Palmaria palmata*: effect of temperature and high nitrate on nutrient removal. *J Appl Phycol.*, 24 : 441-448. Le Gall, L, S Pien et A-M Rusig (2004). Cultivation of *Palmaria palmata* (Palmariales, Rhodophyta) from isolated spores in semi-controlled conditions. *Aquaculture*, 229: 181-191. McHugh D (2003). A guide to the seaweed industry. *FAO fisheries technical paper 441*. FAO, Rome, 105 p. Morgan K C, P F Shacklock et F J Simpson. (1980). Some aspects of the culture of *Palmaria palmata* in greenhouse tanks. *Botanica marina* 32: 765-770. Pang S et K Lüning (2004). "Tank cultivation of the red alga *Palmaria palmata* : effects of intermittent light on growth rate, yield and growth kinetics." *J. Appl. Phycol.* 16: 93-99. Mouritsen O G, C Dawczynski, L Duelund, G Jahreis, W Vetter et M Shróder (2013). On the human consumption of the red seaweed dulse (*Palmaria palmata* L.) Weber & Mohr. *J. Appl. Phycol.* 25: 1777-1791. Werner A et M Dring (2011). Cultivating *Palmaria palmata*. *Aquaculture Explained* no.27, Irish Sea Fisheries Board, 74 p.



Figure 2. A et B Dispositif expérimental utilisé pour la culture de *P. palmata*.

Conclusions et recommandations

- La biomasse dans le bassin et la fréquence de changement d'eau ont eu une influence significative (ANOVA, p < 0,05) sur les performances de croissance de *P. palmata*. L'âge des frondes et l'ajout de nutriments semblent avoir aussi un effet.
- Dans notre système expérimental, la productivité la plus élevée a été obtenue avec des jeunes frondes de l'année, cultivées avec une biomasse de 2,5 kg m⁻², un enrichissement hebdomadaire en nutriments et 2 changements d'eau par jour.
- Les résultats se situent au milieu de la gamme des valeurs rapportées dans la littérature, soit des valeurs de taux de croissance spécifique entre 1 et 12 % j⁻¹ et des valeurs de productivité entre 25 et 609 g m⁻² j⁻¹. Les valeurs les plus élevées ont été obtenues par Pang et Lüning (2004) avec une biomasse de 4 kg m⁻² et une intensité lumineuse de 1600 micromoles m⁻² s⁻¹.
- Les tendances observées ici devront être confirmées ensuite au moyen d'essais avec une réplication des traitements expérimentaux.

Pour la suite des travaux, il est prévu de:

- Tester une gamme de biomasse plus étendue (0,2-3,5 kg m⁻²)
- Tester un éclairage plus intense (LED) puisque Pang et Lüning (2004) suggèrent qu'un taux de croissance augmente en parallèle avec l'intensité lumineuse jusqu'à un seuil de 1600 micromoles de photons m⁻² s⁻¹.

A la fin du projet, des analyses de contenu en protéines seront réalisées sur les échantillons provenant de chacun des essais.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier le Ministère de l'éducation et de l'enseignement supérieur et le Fond de recherche Nature et technologies et le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada pour leurs contributions financières.