

Valorisation Des Déchets De Crabes (Scylla Serrata) Dans La Culture De Champignons Comestibles Et Mycorrhiziens De Madagascar

[Valorisation of crab waste (Scylla Serrata) in the cultivation of edible and mycorrhizal mushrooms from Madagascar]

Tahina Lalaina RANDRIANANTOANDRO¹, Felana RAKOTONDRAVELO¹, Alphonse RAFENOMANANTSOA²

¹Laboratoire de Chimie de l'Environnement, EDTM Valorisation des Ressources Naturelles Renouvelables, Université d'Antananarivo - Madagascar

² Professeur Emérite, Facultés des Sciences- Université d'Antananarivo - Madagascar



Résumé – L'effet de l'utilisation de poudres de crabe (*Scylla Serrata*) dans la culture de deux champignons, comestibles et mycorrhiziens, est étudié. Nous avons utilisé le milieu MNM comme substrat de culture et nous avons substitué la concentration de CaCl_2 par la poudre de crabe avec différentes concentrations. Pour les hypes de *Pleurotus ostreatus* (PO), la poudre de crabe stimule le développement des hyphes et accélère leurs croissances par rapport au témoin. Le taux de stimulation de la croissance est de 5,01 à 34,46 %. L'hyphe de PO réagit positivement à l'augmentation progressive de la concentration de la poudre de crabe (0,05 à 5 g.L^{-1}). L'absorption de nutriments, calcium et phosphore, est positive, mais limitée. Les résultats optimum sont obtenus avec une concentration de poudre de crabe élevée. La concentration maximale de calcium absorbée est de 0,393 $\text{g}/100\text{g}$ (T_1). Cependant, l'absorption de phosphore par les hyphes de champignons est excellente : 5,97 $\text{g}/100\text{g}$, avec une concentration de 5 g.L^{-1} de poudre de crabe (T_4). Pourtant, pour la culture des hyphes de *Pisolithus tinctorius* (PT), la poudre de crabe engendre des effets inhibiteurs sur la croissance mycélienne du champignon. La présence de poudre de crabe ralentit et freine le développement des mycéliums dès les dixièmes jours.

Mots clés – déchets de crabe; *Scylla serrata*; champignon comestible; champignon mycorrhizien; Antananarivo

Abstract – The influence of the use of crab powder (*Scylla Serrata*) in the cultivation of edible and mycorrhizal mushrooms is studied. We used the MNM medium as a culture substrate and we substituted the concentration of CaCl_2 by different concentrations of crab powder. For the *Pleurotus ostreatus* (PO) hypae, crab powder stimulates hyphae development and accelerates its growth compared to the control. The growth stimulation rate is between 5.01 to 34.46%. Hyphae (PO) respond positively to the gradual increase of crab powder (0.05 to 5 g.L^{-1}). Calcium and phosphorus uptake is positive but limited. Optimum results are obtained with a high concentration of crab powder. The maximum of calcium absorbed is 0.393 $\text{g}/100\text{g}$ with 1 g.L^{-1} of crab powder (T_1) and the phosphorus uptake (5.97 $\text{g}/100\text{g}$) is excellent with 5 g.L^{-1} of crab powder (T_4). However, crab powder engenders inhibitory effects on the mycelial growth of the *Pisolithus tinctorius* (PT) fungus. The presence of crab powder slows down and stops the development of the mycelium after the tenth day.

Keywords – crab waste; *Scylla serrata*; edible mushroom; mycorrhizal mushroom; Antananarivo.

I. INTRODUCTION

Madagascar est bordée par de nombreuses formations de mangroves qui s'étendent sur 3200 km² environ et qui sont réparties principalement sur la côte Ouest. Ces mangroves abritent plusieurs espèces pélagiques et diverses espèces de crustacés, y compris les crabes appelés *Scylla serrata*. La pêche nationale au crabe à Madagascar est estimée à 3500 t par an [1]. De nombreuses entreprises locales transforment et traitent les crabes en nourriture et en produits de conserve. Pendant la capture, le taux de mortalité du crabe peut atteindre jusqu'à 32 %. Dans la transformation du crabe, environ un tiers de son poids est rejeté dans la nature. Celui-ci entraîne une grande quantité non négligeable de déchets de crabe qui est difficile à contrôler [1]. Dans la littérature, diverses recherches sont menées pour valoriser ces rejets, comme l'utilisation dans l'agriculture [2],[3], [4], [5], [6], [7], dans la construction [8], [9], en médecine [10] et dans le traitement des eaux. Les coquilles de crabe séchées sont écrasées pour les réduire en petites particules. Après un processus de pyrolyse, on obtient le bio-charbon [10] dont les particules non brûlées qui sont essentiellement un carbonate de calcium. Des études ont montré que ces produits sont récupérables. Ils peuvent être utilisés comme engrais [3], [4]. Ces matériaux peuvent aussi être utilisés dans le traitement des eaux [12], [13], [14], [15]. De nombreux tests ont également montré que le bio-charbon issu des crustacés peut être utilisé comme additif du béton. Certaines études transforment les coquilles de homard, de crevette et de crabe en plastiques biodégradables [16], [17]. Ces travaux nous montrent que la transformation des déchets de crustacés peut être récupérée en produits de plus grande valeur et limite l'impact des rejets industriels sur l'environnement. Ces résultats de recherche nous inspirent à orienter nos recherches vers une stratégie de développement durable liée à l'écologie industrielle [18], [19], [20]. Dans ce cas, nous choisissons un autre champ de recherche pour valoriser le co-produit de crabe. Dans la présente étude, notre objectif est d'explorer l'effet de l'utilisation de la poudre de crabe dans la culture des champignons. Nous avons choisi deux types de variétés : les champignons comestibles et les champignons mycorhiziens. Notre méthode de recherche consiste à suivre le développement d'hyphes de champignon en utilisant des poudres de déchets de crabe comme ingrédients. Ensuite, des analyses physico-chimiques des hyphes sont effectuées et comparées avec des résultats obtenus dans le milieu stérile MNM [21], [22].

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Échantillonnage

Les crabes de mangroves (*Scylla Serrata*) sont très répandus sur la côte tropicale de Madagascar. Nous recueillons les déchets de crabe, également connu sous le nom de co-produit crabe, de la société Antartica situé à Ivato-Antananarivo (Madagascar). Cette entreprise Antartica produit environ 40 t de déchets de crabe par an. Les déchets de crabes sont généralement constitués de carapaces de crabe entières, de chairs, de pinces et de pattes. Ces déchets sont obtenus après les différentes étapes de transformation dans l'usine. Ils sont séchés et broyés pour obtenir de la poudre de crabe.



Figure 1 : Déchets de crabe de la société Antartica (Source : l'auteur)

2.2. Préparation de la poudre de crabe

Les échantillons ont été séchés au soleil pendant huit (08) jours pour être complètement secs. Après broyage, les poudres de crabe sont tamisées à 0,6 mm pour obtenir une poudre très fine.

2.3. Souche de champignon

Deux types de souches de champignons ont été utilisés dans cette étude. Il s'agit du champignon comestible et du champignon mycorhizien appartenant respectivement au genre *Pleurotus* et *Pisolithus*. Ils sont stockés dans des boîtes de Pétri contenant un milieu de culture MNM (Melin et Norkrans modifié par Marx) et incubés à 30°C. Les souches sont fournies par le Centre national de recherche environnementale (CNRE) à Antananarivo.

2.4. Caractérisation physico-chimique de la poudre de crabe

Pour connaître la caractéristique et la composition chimique des poudres de crabe utilisées, les paramètres physico-chimiques suivants ont été déterminés : pH, teneur en eau, teneur en cendres, azote, éléments organiques (protéines totales et lipides totaux) et certains éléments minéraux comme Ca, Mg, P, K [23].

Le pH est déterminé avec 1 g de poudre de crabe dans 20 ml d'eau.

La teneur en eau de la poudre de crabe est calculée après séchage des échantillons à 105 °C pendant 24 heures.

Les protéines totales sont estimées à partir du taux d'azote total déterminé par minéralisation à l'aide de la méthode de Kjeldahl. Cette méthode comporte trois étapes : minéralisation des échantillons (avec acide sulfurique à 450 °C), distillation de l'ammoniac obtenu (avec excès de soude, d'acide borique à 40 % et de l'indicateur colorés) et titration de l'ammoniaque avec de l'acide sulfurique (0,1N). Une fois la teneur en azote déterminée, elle est convertie en teneur en protéines à l'aide du facteur de conversion approprié [24], [25]:

$$\% \text{ Protéine} = 6,25 \times N(\%)$$

Les lipides totaux sont extraits directement par un solvant organique. Avec un Soxhlet, les lipides sont extraits avec de l'hexane à 45°C pendant 6 heures. Ensuite, le solvant est évaporé à l'aide d'un rotavapor. Le produit est séché à 103°C et la masse de lipides restante est déterminée (M_{lipide}) :

$$\% \text{ Lipide} = \frac{M_{\text{Lipide}}}{M_{\text{Echantillon}}} \times 100$$

La teneur en cendres brute (CB) est déterminée après la destruction de matières organiques à 550 °C dans un four à moufle. L'eau et les matières volatiles sont vaporisées et les substances organiques sont brûlées en présence d'oxygène dans l'air en CO₂, H₂O et N₂. La plupart des minéraux sont transformés en oxydes, sulfates, phosphates, chlorures ou silicates. Après, les résidus (cendre) sont refroidis dans un dessiccateur et sont ensuite pesés :

$$\% \text{ CB} = \frac{M_{\text{Cendre}}}{M_{\text{Echantillon}}} \times 100$$

La détection des minéraux est effectuée à partir des cendres. Les cendres sont humidifiées avec de l'eau distillée et de l'acide chlorhydrique, puis portées à ébullition pendant 10 minutes. Après refroidissement, les concentrations des minéraux (Ca, Mg, P, K) sont déterminées par spectroscopie d'absorption atomique (*Varian – Spectra - 20*). Lorsque la concentration est très élevée, l'extrait est dilué.

2.5. Préparation de l'échantillon

La culture des hyphes de champignon est réalisée dans des boîtes de Petri avec différentes compositions de milieu de culture à base du milieu MNM. Dans chaque essai, la quantité de CaCl₂ dans le milieu MNM est remplacée par des poudres de crabe à différentes concentrations : 0,05 g/l, 1 g/l et 5 g/l. Nous avons effectué quatre tests (T_1 , T_2 , T_3 , T_4) avec quatre répétitions. Le milieu MNM sans poudre de crabe est considéré comme un milieu témoin (T). Le milieu MNM préparé avec différentes proportions de la poudre de crabe a été introduit dans des bouteilles. Après agitation, ils sont ensuite chauffés et stérilisés dans un autoclave à 120 °C pendant 20 min. Environ 4 ml de solution nutritive ont été versés dans la boîte de Petri pour chaque traitement.

La composition des essais des différents substrats de culture sont : T_0 (MNM), T_1 (MNM sans CaCl₂ + poudre de crabe), T_2 (MNM+ avec CaCl₂ + poudre de crabe +), T_3 (1/2MNM sans CaCl₂ + poudre de crabe), T_4 (1/2MNM+CaCl₂ + poudre de crabe)

2.6. Culture et mesure

Les souches de champignons sont déposées au milieu de la boîte de Petri contenant les substrats préparés avec 4 répétitions par milieu de culture et par souche de champignon.

Les boîtes de Petri ont été incubées dans un four à 30°C. L'incubation a été arrêtée si l'hyphes champignon dans l'un des traitements remplissait la boîte de Petri. La surveillance du développement des hyphes de champignons est évaluée en mesurant la croissance radiale des hyphes dans la boîte.

La croissance mycélienne est évaluée en calculant le pourcentage d'inhibition (I) ou de stimulation (S) par rapport au témoin (T_0).

$$P_{I/S} = \frac{D_c - D_t}{D_t} \times 100$$

Avec D_c : Croissance diamétrale du champignon en présence de poudre de crabe ; D_t : Croissance diamétrale du champignon dans le témoin

III. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Composition chimique de la poudre de crabe

La composition chimique de la poudre de crabe (*Scylla serrata*) est obtenue à partir de l'extrait sec. La teneur en humidité est de 7,91 % et la teneur en cendres est de 53,25 %. La teneur en protéines (26,64 %) obtenue est semblable à celle obtenue avec d'autres espèces de crabes : 21,45 à 24,48 % (*Scylla serrata*) [26], 21,9 % (*Chionoecetes opilio*) [27] et 33 % (*Callinectes Sapidus*) [28]. Par contre, nous observons une faible teneur en lipide (4,26 %) dans nos échantillons. D'autres auteurs travaillant dans les secteurs alimentaires ont déclaré que les sous-produits du crabe pourraient servir d'excellents éléments nutritifs pour des applications futures dans les secteurs de la santé et de l'alimentation. La teneur en lipides peut être évaluée dans l'alimentation des espèces humaines et aquatiques. Les carapaces de crabe pourraient être considérées comme une source importante d'acides gras ω -3 à longues chaînes polyinsaturés pour l'alimentation en aquaculture [27], [29].

Le crabe est bien connu pour sa teneur en calcium. Le calcium est plus présent dans la viande que dans la coquille. Chaque espèce de crabe a un pourcentage différent de contenu minéral selon son habitat et le climat.

La composition minérale de notre poudre de crabe est présentée au *tableau 1*. Le calcium est le minéral le plus abondant dans la poudre de crabe *Scylla serrata*. Pour les autres éléments nutritionnels, nous avons observé une faible concentration en Mg (1,29 g/100g), P(1,04g/100g) et K(0,41g/100g). D'autres études ont indiqué que certaines variations du crabe peuvent contenir des métaux toxiques comme le Cu, le Zn, le Se et le Cd [30], [31].

Tableau 1 : Concentration des éléments minéraux (en g/100 g de poids sec) dans la poudre de crabe (*Scylla serrata*)

Paramètre	Concentration
pH	9.20± 0,04
Calcium (Ca)	16.70
Magnesium (Mg)	1.29
Phosphore (P)	1.04
Potassium (K)	0.41

3.2. Test de culture

Le cycle de reproduction du champignon passe par plusieurs stades : sporulation, formation d'hyphes, mycélium et primordium. Pendant l'incubation des souches de champignons, le développement du mycélium est observé dans les boîtes de Petri (Fig.4).

Les mesures de la croissance diamétrale des hyphes ont été effectuées quotidiennement jusqu'à ce que les boîtes de Petri soient remplies de. Dans notre étude, le développement des hyphes de *Pleurotus ostreatus* et de *Pisolithus tinctorius*) dans le milieu

témoin est différent. Pour le *Pleurotus ostreatus* (T₀), le remplissage complète de la boîte a été en moyenne de 8 jours, et de 30 jours pour le *Pisolithus tinctorius* (T_{PT}).

Dans l'interprétation suivante, le développement des hyphes est comparé par rapport à la croissance mycélienne dans le milieu témoin. Lorsque le remplissage de la boîte de Petri est plus rapide que celui du témoin, on dit que la poudre de crabe stimule le développement des hyphes. Lorsque le remplissage de la boîte de Petri est plus lent que le témoin, on suppose que la poudre de crabe est un facteur inhibant le développement des hyphes (Fig. 3).

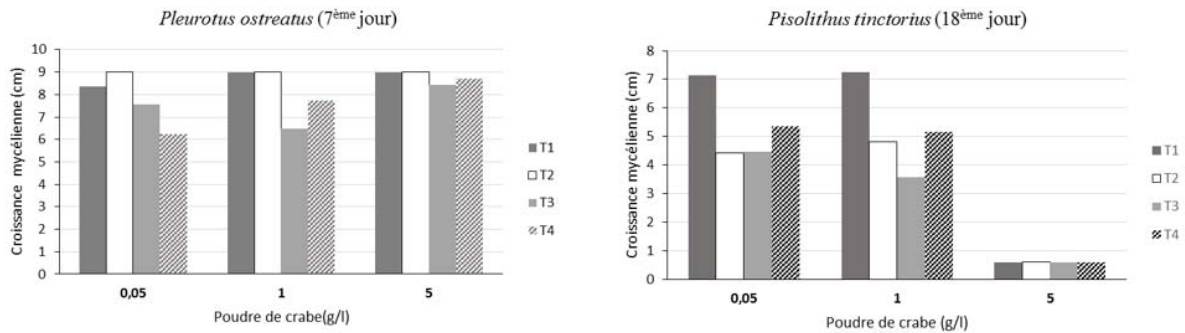


Figure 2 : Croissance des hyphes dans différents tests T₁, T₂, T₃ et T₄

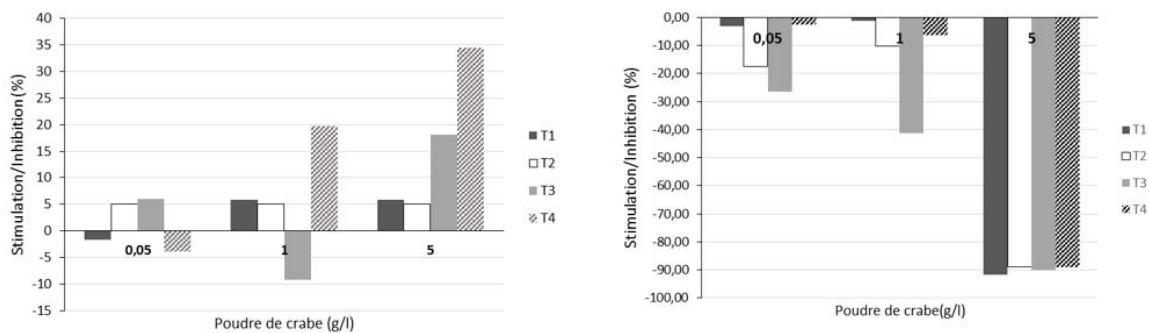


Figure 3 : Pourcentage (%) de stimulation ou d'inhibition de croissance des hyphes de champignon

Les résultats montrent que l'augmentation de la quantité de crabe de 1 à 5 g/l accélère le développement des hyphes de *Pleurotus ostreatus*. Les mycéliums remplissent la boîte de Petri un jour avant le témoin (T₀). Le développement des mycéliums est positif, surtout pour T₁(1), T₁(5), T₂(0,05), T₂(1) et T₂(5). Le pourcentage de stimulation est satisfaisant, de 5,01 à 34,46%.

Par contre, pour la souche *Pisolithus tinctorius*, lorsque la quantité de poudre de crabe augmente, la croissance des hyphes est visiblement ralentie. Nous observons que le développement se termine le 18^{ème} jour pour une quantité de 5 g/l de poudre de crabe : T₁(5), T₂(5), T₃(5) et T₄(5). Le développement du mycélium mesuré s'arrête à environ de 0,6 cm de diamètre (Fig. 4). On observe que la culture est contaminée par des moisissures (Fig. 5). Dans ce cas, on arrête le test. Le pourcentage d'inhibition calculé est très élevé, supérieur à 80%.

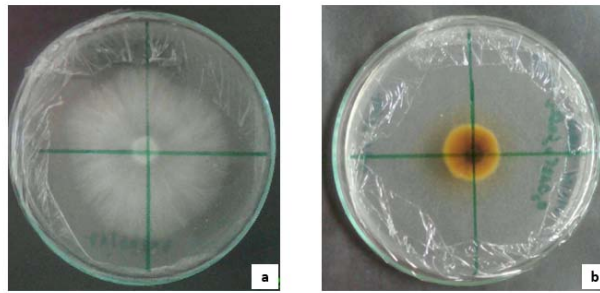


Figure 4: Développement de *Pleurotus ostreatus* (a) et de *Pisolithus tinctorius* (b) dans le milieu témoin (MNM)

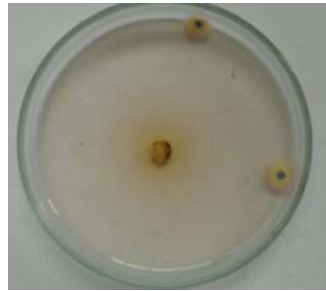


Figure 5 : Contamination du milieu de culture des hyphes de *Pisolithus tinctorius* dans T₄(5)

3.3. Assimilation des minéraux par les hyphes de *Pleurotus ostreatus*

A la fin des expériences, nous avons effectué des analyses des minéraux dans les mycéliums récoltés (après sept jours pour *Pleurotus ostreatus*). Les concentrations du calcium et du phosphore analysées dans les myceliums sont représentées dans la Fig. 7. Nous avons noté que la variation de la quantité de poudre de crabe influe de façon différente dans l'absorption des minéraux (Ca, P) par les hyphes de champignon. L'augmentation de la quantité de poudre de crabe dans le milieu de culture de 0,05 à 5 g/l affecte l'absorption de l'ion calcium. Mais toutes les concentrations obtenues sont inférieures à celles observées dans le témoin (0,598g/100g). La concentration maximale de calcium observée est de 0,393 g/100g avec l'utilisation de 1 g/l (T₁) de poudre de crabe dans le substrat.

Cependant, l'absorption de phosphore par les hyphes champignons est excellente pour l'utilisation de 5 g/l de poudre de crabe dans T₄. La concentration de phosphore dans le mycélium augmente proportionnellement avec la quantité de la poudre de crabe (g/l) utilisée : 2,245 g/100g (0,05), 2,61 g/100g (1) et 5,967g/100g(5). Ces expériences montrent que les conditions T₁, T₂ et T₃ ne sont pas propices à l'absorption de nutriments phosphoreux par les hyphes de *Pleurotus ostreatus*. De plus, on estime que la présence des autres éléments nutritifs dans la biomasse du crabe joue un rôle important dans le bon développement des hyphes. D'après l'analyse des autres auteurs, la carapace de crabe peut contenir 43,8 % de carbone, 6,2 % d'azote et 6,7 % d'hydrogène [32]. A cet effet, la présence de carbone et de l'azote favorise la croissance mycélienne [33].

Il est à noter que les analyses des hyphes de *Pisolithus tinctorius* ne sont pas effectuées car les hyphes cessent de croître dès les 10^{ème} à 18^{ème} jours et les milieux de culture sont contaminés par des points noirs. Lorsque nous prolongeons la durée de culture, les milieux de culture sont remplis par des moisissures (Fig. 5). Les plantes ne peuvent pas survivre en présence de poudre de crabe. Lorsque la quantité de poudre de crabe augmente, les plantes cessent de croître très tôt, à partir du dixième jour. Il est fort probable que la présence de la chitine et de ses dérivés dans la coquille des crabes inhibe la croissance des plantes en raison de leurs propriétés antifongiques [34], [35]. La carapace de crabe est une excellente source de chitosane: 41 à 45 % [36].

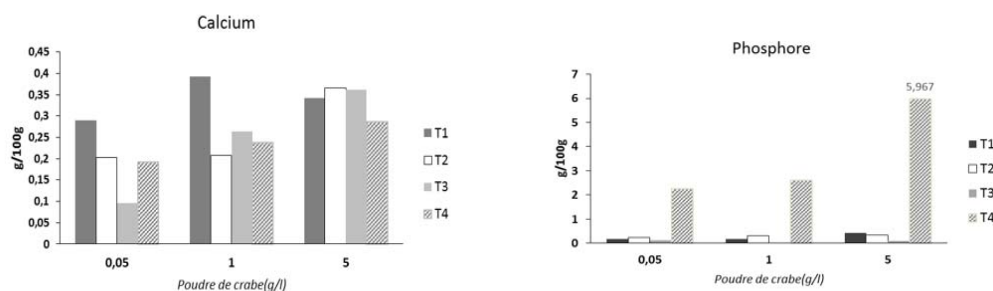


Figure 6 : Teneur en calcium et en phosphore dans les mycéliums de *Pleurotus ostreatus* après la récolte

IV. CONCLUSION

Notre étude porte sur la valorisation des co-produits du crabe dans la culture des champignons comestibles (*P. ostreatus*) et mycorhiziens (*P. tinctorius*). Les résultats sur la culture des hyphes de *P. ostreatus* montrent que l'utilisation de poudres de crabe comme substrat stimule et accélère le développement des hyphes de champignons. Le temps de remplissage des boîtes de Petri est en avance par rapport au témoin (MNM avec CaCl_2). On constate que le taux de stimulation de la croissance des plantes est proportionnel à la quantité de poudre de crabe utilisée dans chaque essai, mais il y a quelques exceptions, comme dans le cas de T_4 (0,05 g/l) et T_3 (1g/l). L'analyse de certains minéraux dans les mycéliums récoltés après le 7ème jour de culture montre que l'absorption de calcium augmente en fonction des quantités de poudres de crabe utilisées mais les résultats ne sont satisfaisants qu'à une concentration de 5 g/l de poudre. Les hyphes de champignon comestible (*P. ostreatus*) absorbent une quantité importante de phosphore. Avec une concentration élevée de poudre de crabe (5g/l) introduit dans le substrat, on mesure 5,97 g/100g de phosphore dans les hyphes mycéliens récoltés. Par contre, pour la culture des hyphes de *P. tinctorius*, la présence de la poudre de crabe provoque l'arrêt de la croissance mycélienne. Des moisissures se développent et contaminent la culture. On estime qu'il ne tolère pas la présence de certains composés à propriété antifongique présent dans la biomasse du crabe.

RÉFÉRENCES

- [1] FAO, (1990), « Actes du séminaire sur l'aménagement de la pêcherie de crabes des mangroves (*Scylla serrata*) du Nord-Ouest de Madagascar ». Direction de la Pêche et de l'aquaculture, et du Projet Régional pour le Développement et l'Aménagement des Pêches dans l'Océan Indien Sud-occidental.83p
- [2] Zhaoa W., Gu J., Wang X., Hu T., Wang J., Yu J., Dai X. and Lei L., 2021, Effects of shrimp shell powder on antibiotic resistance genes and the bacterial community during swine manure composting, *Science of The Total Environment*, Vol. 752, pp.142-162
- [3] Sawain A. , Chooklin C.S., Sagulsawasdipan K. and Chaichan W., 2020, Biofertilizer from Waste Crab Shell Recycling for Aquaponics Systems, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 416 012014, 9p
- [4] Ramesh T, Amuthvalli A. and Boopathy R., 2020, Analysis of fermented liquid fertilizer from marine crab waste, *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnologie*, 5(3), available : <http://ijeab.com/>, pp. 636-642
- [5] Balkhande J.V., 2020 , Devising of organic fertilizer from fish and crab wastes: Waste to best technology, *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(2): 01-05, 5p
- [6] MacLeod J.A., Kuo S., Gallant T. L., and Grimmitt M., 2006, Seafood processing wastes as nutrient sources for crop production, *Canadian journal of soil science*, pp. 631-640
- [7] Edward C.R., 1978, *The Fertilizer Value of Shrimp and Crab Processing Wastes*, Thesis, Oregon State University, 167p
- [8] Lim M.B.B, Abadilla K.A.V. , Consuegra C.C. and Lim H.R., Jr., 2021, Pulverized blue swimming crab shell utilized as partial replacement for sand in concrete mixture, *The Palawan Scientist*, 13(1), pp. 31-43
- [9] Pimentel de Araújo Júnior R., Montel A.L.B., Cavalcante da Silva J.E., Ascêncio S.D. and Rodrigues da Luz J.M., 2020, Use of Crab Shell (*Ucides cordatus*) in Portland Cement Matrices, *Journal of Agricultural Science*; Vol. 12, N° 1, pp. 200-208

- [10] Jones M., Kujundzic M., John S. and Bismarck A., 2020, Crab vs. Mushroom: A Review of Crustacean and Fungal Chitin in Wound Treatment, *Mar. Drugs* 18 (64), 23 p
- [11] Nasir M., Rahmawati T., Dara F., 2019, Synthesis and Characterization of Biochar from Crab Shell by Pyrolysis, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 553, 8p
- [12] Bamdad H., Hawboldt K., MacQuarrie S., Papari S., 2019, Application of biochar for acid gas removal: experimental and statistical analysis using CO₂, *Environmental Science and Pollution Research*, (26), Springer, pp10902–10915
- [13] Dai L., Zhu W., He L., Tan F., Zhu N., Zhou Q., He M., Hu G., 2018, Calcium-rich biochar from crab shell: an unexpected super adsorbent for dye removal, *Bioresource Technology*, Vol 267, pp. 510-516
- [14] Bamdad H., Hawboldt K., MacQuarrie S., 2017, A review on common adsorbents for acid gases removal: Focus on biochar, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16p
- [15] Dai L., Tan F., Li H., Zhu N., He M., Zhu, Q., Zhao J., 2017, Biochar riche en calcium issu de la pyrolyse de la carapace de crabe pour l'élimination du phosphore. *Journal de gestion de l'environnement*, 198, pp70-74
- [16] Sasria N. et al, 2021, Production of biodegradable plastics using aking rice starch and chitosan from crab shells as a substitute for conventional plastic, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1053, 10p
- [17] Faisal M. et al, 2018, Extraction of degradable bio polymer materials from shrimp shell wastes by two different methods, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 464, 12p
- [18] Sterr T., Ott T., 2004, « The industrial region as a promising unit for eco-industrial development – reflections, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology », *Journal of Cleaner Production*, 12, pp. 947-965
- [19] Ehrenfeld J., 2004, Industrial ecology: a new field or only a metaphor?, *Journal of Cleaner Production*, Vol 1,2, pp. 825-831
- [20] Van Berkel R., Willems E. and Lafleur M., 1997, Développement d'une boîte à outils d'écologie industrielle pour l'introduction de l'écologie industrielle dans les entreprises – I, *Journal of Cleaner Production*, 5(1-2), pp11-25
- [21] Duponnois R., Hafidi M., Ndoye I., Ramanankierana H., Bâ AM., 2013, des champignons symbiotiques contre la désertification - Ecosystemes mediterraneens, tropicaux et insulaires- IRD Edition, 512 p
- [22] Ouarraqi EM, Oihabi A., Benkhaled L. et Modafar CE., 2005, Rôle des champignons ectomycorhiziens dans l'induction des mécanismes de défense du Pin d'Alep vis-à-vis de *Fusarium oxysporum*. *Acta Botanica Gallica* 152(1). pp. 77-89.
- [23] Lourenço H.M., Gonçalves S., Ventura M., Delgado I., Rego A., Motta C., Castanheira I., Nunes M.L. and Duarte M.P., 2019, « Chemical Composition, Nutritional Value, and Safety of Cooked Female *Chaceon Maritae* from Namibe (Angola) », *Foods*, 8, 227, 17 p
- [24] Mæhre H.K., Dalheim L., Edvinsen G.K., Elvevoll E.O., and Jensen I., 2018, Protein Determination—Method Matters, *Foods* 7(1): 5, 11p
- [25] Moore J.C., DeVries J.W., Lipp M., Griffiths J.C., and Abernethy D.R., 2010, Total Protein Methods and Their Potential Utility to Reduce the Risk of Food Protein Adulteration, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol.9, pp. 330-357
- [26] Haryati E., Dahlan K., Togibasa O., Dahlan K., 2019, Protein and Minerals Analyses of Mangrove Crab Shells (*Scylla serrata*) from Merauke as a Foundation on Bio-ceramic Components, *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1204, 5p
- [27] Lage-Yusty María -Asunción, Vilaso-Martínez María, Álvarez-Pérez Susana and López-Hernández Julia, 2011, Chemical composition of snow crab shells (*Chionoecetes opilio*), *CyTA – Journal of Food*, Vol. 9, N° 4, pp. 265–270
- [28] Antunes-Valcareggi S.A., Ferreira S.R.S., Hense H., 2017, Enzymatic Hydrolysis of Blue Crab (*Callinectes Sapidus*) Waste Processing to Obtain Chitin, Protein, and Astaxanthin-Enriched Extract, *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)*, Vol-3(1), pp. 81-92

- [29] Martínez M. V., Rodríguez-Bernaldo de Quirós A., Hernández J.L. and Lage Yusty M.A., 2009, Fatty Acid Profile and Total Lipid Content of *Chionoecetes opilio* Shells, *The Open Food Science Journal*, 2009, Vol 3, pp. 93-97
- [30] Mandume C.M.C., Bandarra Narcisa M., Raimundo Joana, 2019, «Chemical Composition, Nutritional Value, and Safety of Cooked Female *Chaceon Maritae* from Namibe (Angola) », *Foods* , 8, 17 p
- [31] Marques A., Teixeira B., Barrento S., Anacléto P., Carvalho M.L. and Nunes M.L., 2010, « Chemical composition of Atlantic spider crab *Maja brachydactyla*: Human health implications », *Journal of Food Composition and Analysis* (23), pp. 230–237
- [32] Sebestyén Z., Jakab E., Domán A., Bokrossy P., Bertóti I., Madarász J., László K., 2020, Thermal degradation of crab shell biomass, a nitrogen-containing carbon precursor, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* , (142), pp. 301–308
- [33] Kim S-B, Kim S-H, Lee K-R, Shim J-k, Lee M-W, Shim M-J, Lee U-Y and Lee T-S, 2002, The Optimal Culture Conditions for the Mycelial Growth of *Oudemansiella radicata*, *Mycobiology* 33(4): pp. 230–234
- [34] Taokaew S., Zhang X., Chuenkaek T., Kobayashi T., 2020, « Chitin from fermentative extraction of crab shells using okara as a nutrient source and comparative analysis of structural differences from chemically extracted chitin », *Biochemical Engineering Journal*, n° 159, 9 p
- [35] Shih P., Liao Y., Tseng Y., Deng F. and Lin C., 2019, «A Potential Antifungal Effect of Chitosan Against *Candida albicans* Is Mediated via the Inhibition of SAGA Complex Component Expression and the Subsequent Alteration of Cell Surface Integrity », *Frontiers in Microbiology*, Volume 10, 14 p
- [36] Gaikwad B. V., Koli J. M. and Desai A.S., 2015, Isolation and characterization of chitosan from crab (*Scylla serrata*) shell waste, *International Journal of Sciences & Applied Research*, 2(8), pp.78-84