



**Valorisation agricole des résidus d'usine de  
transformation de poissons**

**Rapport final  
Du 22 août 2011 au 30 septembre 2012**

**L'INNOVATION À VOTRE PORTÉE : VOS DÉFIS... NOS RÉALISATIONS!**



**Valorisation agricole des résidus d'usine de  
transformation de poissons**

**Rapport final**

Du 22 août 2011 au 30 septembre 2012

**Réalisé par**  
Agrinova

**Présenté à**  
Fédération de l'UPA de la Gaspésie–Les-Îles

**30 septembre 2012**

CENTRE COLLÉGIAL DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE

**Siège social**  
640, rue Côté Ouest  
Alma (Québec) G8B 7S8

Téléphone : 418 480-3300  
Sans frais : 1 877 480-2732  
Télécopieur : 418 480-3306

[www.agrinova.qc.ca](http://www.agrinova.qc.ca)  
info@agrinova.qc.ca

**Succursale**  
3800, boulevard Casavant Ouest  
Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 8E3

Téléphone : 450 778-3530  
Sans frais : 1 888 778-3530  
Télécopieur : 450 774-9365



Référence à citer :

---

MARTEL Stéphane, DESMEULES Xavier, BILODEAU Mathieu, et CÔTÉ Jonathan, 2012. Valorisation agricole des résidus d'usine de transformation de poissons, Rapport final, Agrinova, Alma (Québec), Septembre 2012, 29 pages.

---



## Réalisé par Agrinova

### Coordination

Stéphane Martel, agr., M.Sc.  
Chargé de projet

### Réalisation, recherche et rédaction

Stéphane Martel, agr., M.Sc.  
Chargé de projet

Xavier Desmeules, agr.  
Chargé de projet

Mathieu Bilodeau  
Technicien agricole

Jonathan Côté  
Technicien

### Révision linguistique

Marie-Hélène Maltais, technicienne en bureautique

### Remerciements

Karine Berger, MerInnov (Centre d'innovation de l'aquaculture et des pêches du Québec)

*Une partie du financement de ce projet a été assurée par Agriculture et Agroalimentaire Canada, par l'entremise du Programme canadien d'adaptation agricole (PCAA). Au Québec, la part de ce programme destinée au secteur de la production agricole est gérée par le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec.*



---

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Table des matières</b> .....	<b>4</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>5</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>5</b>
<b>Rappel du mandat</b> .....	<b>6</b>
<b>1. revue documentaire</b> .....	<b>7</b>
1.1. Synthèse de l'étude de Stewart et Noyes-Hull (2010)	7
1.2. Autres études	9
1.3. Réglementation du MDDEP à l'égard de la valorisation des MRF	10
1.4. Références bibliographiques	13
<b>2. Résultats d'analyses physico-chimiques</b> .....	<b>14</b>
2.1. Valeur fertilisante et alcalinité équivalente	14
2.2. Coefficient d'efficacité de l'azote (CEN)	15
2.3. Pouvoir de minéralisation	16
<b>3. Essai de germination</b> .....	<b>17</b>
3.1. Méthodologie	17
3.2. Résultats	19
<b>4. Stratégie de valorisation et recommandations pour un essai d'épandage</b> .....	<b>26</b>
4.1. Stratégie de valorisation agricole	26
4.2. Valorisation énergétique	29
4.3. Recommandations pour des essais d'épandage	29
<b>5. Conclusion</b> .....	<b>30</b>



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Valeur fertilisante des résidus marins (valeurs en base sèche).....	14
Tableau 2.	Pouvoir de minéralisation du sol avec des résidus marins (en mg/kg m.s.).....	16
Tableau 3.	Composition des substrats évalués dans l'essai de germination.....	17
Tableau 4.	Résultats des analyses physicochimiques des substrats.....	18

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Taux de germination 11 jours après le semis.....	19
Figure 2.	Hauteur des plants à la récolte.....	19
Figure 3.	Diamètre des racines à la récolte.....	20
Figure 4.	Biomasse aérienne à la récolte (25 jours après le semis).....	20
Figure 5.	Biomasse des racines à la récolte (25 jours après le semis). Les lettres différentes indiquent une différence significative. D'après l'analyse statistique (ANOVA; test Turkey avec intervalle de confiance 95 %).....	21
Figure 6.	Photos de la biomasse aérienne à la récolte.....	23
Figure 7.	Photos des racines à la récolte.....	25
Figure 8.	Les différentes options de valorisation agricoles.....	29



## **RAPPEL DU MANDAT**

Agrinova a été mandaté par la Fédération de l'UPA de la Gaspésie–Les-Îles pour évaluer la valorisation agricole des résidus d'usine de transformation de poissons. Les objectifs spécifiques de l'étude étaient les suivants :

- Revue de littérature sur la valorisation directe des résidus d'usine de transformation de poissons comme matière résiduelle fertilisante (MRF);
- Résultats et interprétation des analyses physicochimiques des résidus d'usine de transformation de poissons;
- Documentation résumant les exigences réglementaires du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP);
- Recommandations d'un ou deux scénarios d'épandage pour des essais d'épandage en parcelles expérimentales (phase 2).

Le contenu de l'offre de service comme prévu initialement, soit le 22 août 2011, a été modifié en cours de projet en raison de trois constats :

1. La grande volatilité des résidus marins, due à une faible densité, lorsqu'ils sont complètement déshydratés représente un frein pour réaliser des épandages uniformes en plein champ;
2. La littérature sur la valorisation agricole des résidus marins est très peu abondante;
3. D'après M. Marc Tétreault de la Fédération de l'UPA de la Gaspésie-Les-Îles, le coût pour une déshydratation complète est trop élevé et peut être difficilement rentable dans un contexte de valorisation agronomique. Toutefois, les résidus marins peuvent être valorisés à une étape intermédiaire du processus de déshydratation, soit après l'étape du pressage mécanique. Par ailleurs, l'option de mélanger les résidus marins avec du fumier est aussi envisagée par le client.

La Fédération de l'UPA de la Gaspésie-Les-Îles a demandé à Agrinova de modifier légèrement le mandat en considérant les différents stades de déshydratation des résidus de poissons et l'option de mélanger les résidus à du fumier. Toutefois, l'acquisition de résidus marins aux différents stades de déshydratation (degré de siccité) nécessite l'implication du Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) et engendre des coûts supplémentaires. Par ailleurs, le degré de siccité n'influence pas les valeurs fertilisantes, mais affecte surtout le coût pour la fabrication et le transport des résidus séchés ainsi que la stabilité, notamment l'émission d'odeurs. L'olfactométrie est un processus complexe et coûteux qui devra faire l'objet d'un autre mandat au besoin. Par ailleurs, la stabilité biologique des résidus marins à différents degrés de siccité pendant l'entreposage est un mandat qui a été initialement attribué à Merinnov. Il n'est donc pas pertinent d'évaluer les propriétés agronomiques des résidus marins à différents stades de déshydratation.





Le mandat a donc été modifié pour répondre aux objectifs suivants :

- Brève documentation sur la valorisation directe des résidus d'usine de transformation de poissons comme matière résiduelle fertilisante (MRF), incluant l'aspect réglementaire;
- Caractérisation physicochimique des résidus d'usine de transformation de poissons, seuls et en mélange avec du fumier de bovin et évaluation de la valeur agronomique;
- Essai de germination et de croissance avec les amendements de résidus de poissons, seul et en mélange avec du fumier de bovin;
- Recommandations pour poursuivre l'acquisition de données technicoéconomiques en lien avec la valorisation des résidus marins purs ou partiellement déshydratés.

Le présent rapport est subdivisé en quatre parties, celles-ci répondent à chacun des objectifs. La revue documentaire synthétise la littérature scientifique alors que les résultats d'analyses physico-chimiques des résidus marins, incluant la valeur fertilisante, sont présentés à la deuxième section. Les résultats d'un essai d'incubation pour évaluer le pouvoir de minéralisation complètent cette section. La troisième section contient le protocole et les résultats de l'essai de germination. Enfin, quelques recommandations sont émises à la dernière section pour la réalisation d'essais permettant de documenter les voies de valorisation des résidus marins purs ou partiellement déshydratés. Les recommandations incluront notamment des éléments de réflexion pour une stratégie de valorisation agricole des résidus marins.

## **1. REVUE DOCUMENTAIRE**

Après consultation des bases de données scientifiques, force est de constater que la documentation sur la valorisation directe des résidus marins est peu abondante. La littérature est davantage orientée sur le compostage des résidus marins. Cependant, quelques études qui ont été jugées pertinentes sont résumées dans les prochains paragraphes. La démarche réglementaire est aussi présentée brièvement.

### **1.1. Synthèse de l'étude de Stewart et Noyes-Hull (2010)**

Une étude récente de Stewart et Noyes-Hull (2010) a été réalisée par le département des pêches et de l'aquaculture de la Nouvelle-Écosse pour évaluer les différentes options de valorisation des résidus issus des usines de transformation du crabe. Les résidus représentent environ 25 % de la biomasse comestible. Il est aussi reconnu que le potentiel de mise en valeur de ces résidus est largement sous-utilisé. Généralement, les entreprises expédient les résidus vers des lieux d'enfouissement pour être compostés ou enfouis. En 2010, les coûts variaient de 55 à 55 \$ la tonne, excluant le transport.





Les voies de valorisation abordées dans l'étude sont la production de farine de crabe et de carapaces séchées, l'extraction de la chitine et de la chitosane, le compostage et l'épandage direct.

### Farines de crabe et carapaces séchées

La production de farine de crabe et de carapaces séchées implique une cuisson et une déshydratation directe (air chaud ou flamme) ou indirecte (vapeur). Les carapaces séchées sont vendues sur le marché asiatique pour l'extraction de la chitine et chitosane (produits pharmaceutiques) alors que la farine de crabe peut servir comme engrais, aromatisant alimentaire ou additif dans les moulées animales. Le prix d'une usine typique peut varier de 1 à 1,5 million de dollars. Actuellement, deux usines du Nouveau-Brunswick produisent des farines de crabe et des carapaces séchées<sup>1</sup>. Avec 1 700 tonnes de résidus, *St Laurent Gulf Product* génère 225 tonnes de carapaces séchées et 175 tonnes de farines de crabe. Une tonne métrique de carapaces séchées se vendait 520 \$ en 2000 et 770 \$ en 2006. Aux États-Unis, ce produit est vendu comme un amendement organique et les prix varient selon les compagnies et le poids des emballages, soit entre 5,50 et 6,50 \$/kg. Le produit est aussi disponible en vrac à un moindre prix pour les producteurs agricoles<sup>2</sup>. Les auteurs mettent en évidence une problématique au niveau de la qualité de l'air en raison des odeurs et des émissions de particules, lors du séchage. De plus, ils soulignent l'importance du choix de la source énergétique pour éviter une hausse des coûts de production. **Ce constat est pertinent au contexte du projet de l'UPA de la Gaspésie-Les-Îles puisque les usines de transformation de la crevette qui désirent sécher les carapaces devront considérer ces aspects.**

### Chitine et chitosane

Il existe de nombreuses applications (biomédicales, agricoles, alimentaires et pharmaceutiques) pour la chitine et le chitosane. Toutefois, l'Asie domine le marché et la rentabilisation du procédé d'extraction requiert des volumes importants de résidus. D'après les auteurs, seule l'approche collective permettrait de recueillir un volume suffisant de résidus afin de rentabiliser une usine d'extraction de chitine dans l'est du Canada. Par contre, les distances de transports nuisent à l'adoption d'une telle approche. L'exportation des résidus séchés pourrait toutefois être envisagée<sup>3</sup>.

### Compostage

L'avantage du compost de résidus marins réside notamment dans la disponibilité graduelle de l'azote qui est sous forme organique. La chitine constitue aussi une substance phytoprotectrice contre certains pathogènes (nématodes, bactéries, champignons). Les odeurs, les normes environnementales ainsi que les sources d'approvisionnement en carbone pour réaliser

---

<sup>1</sup> St Laurent Gulf Product Ltd (<http://www.abcfishmeal.ca/>) ; W.E. Acres Crab Meal Ltd.

<sup>2</sup> <http://connellorganics.com/>

<sup>3</sup> À titre d'exemple, un projet d'implantation d'une usine pour l'extraction de la chitine est en cours à Terre-Neuve et pourrait constituer un marché potentiel pour les usines ([http://www.env.gov.nl.ca/env/env\\_assessment/projects/Y2011/1577/index.html](http://www.env.gov.nl.ca/env/env_assessment/projects/Y2011/1577/index.html)). Toutefois, le projet a été retardé (<http://www.thetelegram.com/Business/2011-07-27/article-2676179/Assessment-of-chitin-plant-delayed/1>).



adéquatement le compostage sont des problématiques qui limitent le compostage des résidus marins en Nouvelle-Écosse. La faible valeur du compost sur le marché constitue également un facteur limitant.

### Épandage agricole direct

L'épandage direct est la méthode de valorisation la plus simple et qui nécessite le moins d'investissement. L'épandage direct apporte des nutriments, tamponne le pH des sols et améliore la qualité du sol avec la rétention en eau et stimule l'activité microbienne. La valorisation directe, comme pour l'épandage du compost, doit s'insérer dans un plan de fertilisation. Pour éviter les problématiques d'odeurs, un matériel carboné doit être ajouté aux résidus. **L'utilisation d'un épandeur à fumier est l'équipement à privilégier.** Latéral à nuancer (kühn)

[http://www.kuhn.com/com\\_fr/range/epandage-de-fumier/epandeurs-lateraux/8110.html](http://www.kuhn.com/com_fr/range/epandage-de-fumier/epandeurs-lateraux/8110.html)

En résumé, la production de farine et de résidus séchés ainsi que l'extraction de la chitine et du chitosane impliquent des investissements importants en infrastructure et en équipements. La variabilité en approvisionnement et la concurrence des industries asiatiques rendent ces avenues plus difficiles à rentabiliser. Le compostage ne semble pas non plus être la voie à privilégier compte tenu de la logistique, c'est-à-dire les risques d'odeurs, l'approvisionnement limité en matières carbonées et les contraintes environnementales. Aussi, la mise en marché du compost n'est pas assurée. Il en ressort que l'épandage agricole direct semble être la voie de valorisation la moins coûteuse et celle applicable à court terme.

## **1.2. Autres études**

Il a été démontré que l'application de résidus marins peut avoir des effets positifs sur les rendements des cultures. Par exemple, une application foliaire de chitosane sur des plants de fraisiers, contribue à augmenter la hauteur des plants, le nombre de feuilles et le rendement en fraises (Abdel-Mawgoud, 2010). Macleod et al. (2006) a constaté une augmentation du rendement du triticale d'automne suite à l'application tôt au printemps de résidus de moules. L'ajout des résidus a aussi contribué à augmenter la teneur en azote du grain. Par ailleurs, les auteurs affirment que le compostage réduit la disponibilité de l'azote des résidus marins. Une partie de l'azote est perdue par volatilisation pendant le processus de compostage. Toutefois, **l'utilisation des résidus purs a nui à l'établissement du soya. La décomposition des résidus frais a généré des composés toxiques (acides gras volatils, acides lactiques et acétiques, etc.). L'ajout de chaux éteinte [Ca(OH)<sub>2</sub>] ou d'oxyde de calcium (CaO) permet de réduire l'activité microbienne, la décomposition et la toxicité des résidus en augmentant le pH.**

Certaines études ont mis en lumière l'effet phytoprotecteurs des résidus marins ou des extraits de résidus marins sur diverses maladies. L'ajout de résidus de crustacés stimule l'activité microbienne du sol (ADAS UK Ltd., 2006), ce qui peut favoriser la compétition entre les microorganismes du sol au détriment des microorganismes pathogènes. Le compost de résidus



de crevette favorise le développement de bactéries antagonistes aux pathogènes et permet de réduire la pression exercée par *Phytophthora fragariae var. rubi* et *Pythium ultimum*, deux agents pathogènes du concombre (Labrie et al., 2001). D'après des essais effectués par Peters et al. (2006) sur des parcelles de pomme de terre à l'Île-du-Prince-Édouard, l'ajout de résidus de homard frais a permis de réduire significativement la rhizoctonie. D'après les auteurs, la teneur en chitine des résidus de crustacés varie de 14 à 35 %. Ils suggèrent trois mécanismes impliqués dans le contrôle des agents pathogènes :

- Propriétés antimicrobiennes;
- Stimule la résistance des organismes hôtes;
- Favorise l'activité des microorganismes bénéfiques.

### 1.3. Réglementation du MDDEP à l'égard de la valorisation des MRF

La valorisation des MRF pour fertiliser des cultures agricoles est encadrée par le *guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes (2012)*<sup>4</sup> qui remplace le guide précédent publié en 2008. Dorénavant, l'agronome doit produire un plan environnemental de recyclage et non plus un plan agroenvironnemental de valorisation. Un résumé de la démarche à entreprendre est présenté dans l'encadré qui suit :

#### 1. Produire un certificat d'autorisation incluant notamment les éléments suivants :

- Résultats d'analyse des MRF pour les paramètres physiques, chimiques et biologiques selon les exigences du MDDEP;
- Résultats d'analyse des sols récepteurs;
- Classification C-P-O (contaminants, pathogènes et odeurs);
- Plan de localisation, modalités de stockage et respect des distances séparatrices.

#### 2. Produire un plan agroenvironnemental de recyclage (PAER), les sections ou tableaux réfèrent au guide (2012) :

- Identification de l'origine de la MRF, description du procédé qui la génère, caractérisation agronomique, détermination du statut de MRF et classification C-P-O, avec pièces justificatives à l'appui;
- Plan de localisation mentionné au tableau;
- Plan agroenvironnemental de fertilisation ou attestation de l'agronome si la ferme réceptrice doit détenir un PAEF;
- Analyses de sol minimales, incluses dans le PAEF ou annexées à la demande de CA;
- Intégration des critères de stockage des MRF;

<sup>4</sup> MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP), 2012. *Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes : Critères de référence et normes réglementaires*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN 978-2-550-64355-5, 170 p.



- Recommandations agronomiques en N et P pour chaque parcelle relativement aux doses, aux dates d'épandage et au choix des épandeurs. Conformité obligatoire avec les normes du REA;
- Au besoin, recommandations agronomiques spécifiques si le pH des résidus est  $>10$  ou  $< 3,5$ , ou si la teneur en sodium (Na)  $> 1 \%$ , ou si la teneur en manganèse (Mn)  $> 3\,000$  mg/kg, ou si la teneur en bore (B)  $> 200$  mg/kg (toutes les teneurs sur base sèche);
- Intégration des distances séparatrices d'épandage et des autres contraintes d'épandage;
- Engagement de l'agronome à communiquer aux agriculteurs ou aux travailleurs visés les mesures de santé et de sécurité à prendre relativement aux résidus de catégorie P2;
- Intégration des mesures minimales concernant l'information et la sensibilisation;
- Engagement de l'agronome à faire au moins deux visites de contrôle (lui-même ou alors un autre agronome ou un technicien sous sa supervision). Une de ces visites doit se faire à l'étape du calibrage des équipements d'épandage;
- Après l'activité de valorisation, et au plus tard le 31 décembre de l'année courante, engagement à fournir à la direction régionale du Ministère un rapport de valorisation qui mentionne les modifications par rapport à la demande de CA, soit : la classification, les quantités livrées, les doses d'épandage et les lots des parcelles réceptrices, etc. On peut regrouper ces rapports si, par exemple, plusieurs CA ont été gérés par le même mandataire ou demandeur dans la même région administrative.

*La procédure pour l'échantillonnage et les méthodes sont décrites dans le guide (MDDEP, 2012).*

D'après la réglementation, seuls les résidus ayant effectivement des propriétés d'engrais ou d'amendement des sols sont considérés comme des MRF. Ensuite, la MRF doit être catégorisée à l'égard de sa teneur en contaminants chimiques, sa teneur en agents pathogènes et son niveau d'émission d'odeur (classification C-P-O). La classification C-P-O détermine l'usage possible de la MRF. À titre d'exemple, les critères pour réaliser des épandages sur des cultures vivrières sont plus sévères que pour les épandages sur des sites dégradés. En fonction des critères C-P-O, les MRF sont catégorisées d'après une hiérarchie qui dicte les usages potentiels.

Une analyse complète des métaux lourds devrait être effectuée, mais d'après les résultats d'analyse, les teneurs en Cu et Zn respectent les critères de la catégorie C1. La concentration en Cd n'a pas été analysée, mais d'après MacLeod et al. (2006), l'application de doses adéquates n'est aucunement problématique. Généralement, aucun pathogène ne devrait se retrouver dans les résidus marins et par conséquent, la catégorie P1 s'appliquerait. La procédure pour catégoriser les odeurs des résidus marins est plus complexe, car les résidus marins peuvent dégager des niveaux variables d'odeur selon la teneur en matière sèche. Dans le cadre d'un essai au champ avec les résidus déshydratés ou en mélange, la direction régionale devrait être contactée afin de connaître spécifiquement les paramètres à analyser. La procédure d'échantillonnage ainsi que les méthodes d'analyse doivent respecter les exigences du MDDEP. La direction régionale du MDDEP est responsable des demandes de certificats d'autorisation et peut fournir les renseignements sur la procédure à suivre.



Il est à noter que d'après le MAPAQ, les carapaces de crevettes sont considérées comme des animaux morts, mais le MDDEP fait preuve de souplesse dans les dossiers de valorisation de ces produits. En effet, voici un extrait d'une référence du rapport d'enquête et d'audience publique du BAPE sur le *Projet d'établissement d'un lieu d'enfouissement technique aux Îles-de-la-Madeleine par la municipalité des Îles-de-la-Madeleine* (5 mai 2006) :

« ... l'épandage de résidus de poissons, contrevient au Règlement sur les aliments du MAPAQ (c. P-29, r.1). L'article 9.3.1.14 de ce règlement, mentionne les différentes façons de disposer des produits marins impropres et des déchets et l'épandage de résidus de poissons n'y est pas mentionné. Par contre, une dérogation peut cependant être obtenue par les requérants d'un tel projet par la délivrance d'un permis de passer outre. De plus, il existe une tolérance de la part du MAPAQ en ce qui a trait à l'épandage de carapaces de crustacés, mais non pour l'épandage de résidus de poissons.» (MDDEP, 2006).



#### 1.4. Références bibliographiques

Stewart, G. et G. Noyes-Hull. 2010. Feasibility of Producing Value added Products from Snow Crab Processing Waste in Cape Breton, Nova Scotia. The Gulf Aquarium and Marine Station Cooperative, 44p.

[http://www.cmag-gams.org/documents/GAMS\\_snow\\_crab\\_value\\_added\\_2010.pdf](http://www.cmag-gams.org/documents/GAMS_snow_crab_value_added_2010.pdf)

Abdel-Mawgoud, A.M.R, A.S. Tantawy, M.A. El-Nemr et Y.N. Sassine. 2010. Growth and Yield Responses of Strawberry Plants to Chitosan Application. European Journal of Scientific Research. 39(1): 170-177.

Peters, R.D., A.V. Sturz et J.A. MacLeod. 2006. The benefits of using lobster processing waste as a soil amendment in organic potato production. Guelph Organic Conference, Natural Sciences Symposium.

[http://oacc.info/Docs/lobster\\_waste\\_peters.pdf](http://oacc.info/Docs/lobster_waste_peters.pdf)

Labrie, C., P. Leclerc, N. Côté, S. Roy, R. Brzezinski, R. Hogue et C. Beaulieu. 2001. Effect of chitin waste-based composts produced by two-phase composting on two oomycete plant pathogens. Plant and Soil. 235: 27-34.

ADAS UK Ltd. 2006. Review of the application of shellfish by-products to land

MacLeod, J.A., Kuo, S., Gallant, T. L. et Grimmatt, M. 2006. Seafood processing wastes as nutrient sources for crop production. Can. J. Soil Sci. 86: 631-640.

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). 2012. *Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes : Critères de référence et normes réglementaires*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN 978-2-550-64355-5, 170 p.

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. 2006. Informations demandées sur les résidus de pêche, 22 février 2006. 2 p.

<http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/LET-madeleine/documents/DB23.pdf>



## 2. RÉSULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Les résidus marins déshydratés ont été analysés avant et après l'entreposage dans deux différents sacs afin d'évaluer l'effet de l'entreposage sur la valeur agronomique. À partir de la teneur en azote, le coefficient d'efficacité d'azote (CEN) a été calculé.

### 2.1. Valeur fertilisante et alcalinité équivalente

La valeur fertilisante des résidus séchés est présentée au tableau 1. Comme prévu, la teneur en élément nutritif n'a pas été affectée par l'entreposage, étant donné que l'azote est principalement sous forme organique. Seules les données avant entreposage, similaire aux valeurs après entreposage, sont donc présentées. L'entreposage d'un résidu riche en azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub>) aurait pu se traduire en perte d'azote par volatilisation, ce qui n'est pas le cas avec les résidus marins.

Tableau 1. Valeur fertilisante des résidus marins (valeurs en base sèche)

Paramètres	Résultat
N total (%)	6,3
N-NH <sub>4</sub> (%)	0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	11,7
K <sub>2</sub> O (%)	0,06
C org (%)	28
C / N	4,4
Teneur en m.s. (%)	91
Densité (t/m <sup>3</sup> )	0,219

La faible densité des résidus déshydratés est un inconvénient qui peut nuire à la valorisation. D'une part, la légèreté des carapaces de crevette séchées rend improbable l'utilisation d'un épandeur à fumier par temps venteux. En effet, l'épandage ne sera pas uniforme, ce qui peut se traduire par une surfertilisation ou à une déficience. D'autre part, la concentration élevée en azote et en phosphore des résidus déshydratés se traduit par l'épandage de dose minime, c'est-à-dire plus de 3 à 4 tonnes/ha dans les céréales). L'ajustement des épandeurs pour appliquer ces doses risque d'être difficile, voire impossible. Des essais d'épandage seraient nécessaires pour évaluer la faisabilité de cette pratique.

Les résidus sont relativement riches en sodium avec une teneur moyenne de 0,3 %. Si des épandages répétés de résidus marins sont prévus, un suivi périodique devrait être fait pour éviter une accumulation. Le sodium est un élément mobile qui risque d'être lessivé, mais son accumulation pourrait nuire à la structure des sols. Enfin, le sodium peut contribuer à élever la conductivité électrique. Une conductivité électrique trop élevée peut nuire à l'absorption de certains éléments nutritifs ainsi qu'à la croissance des racines.

L'alcalinité équivalente (teneur en CaCO<sub>3</sub>), fournit une indication du pouvoir neutralisant d'un amendement. L'alcalinité des résidus marins révèle un pouvoir neutralisant d'environ 20 %.





Toutefois, pour caractériser adéquatement un produit chaulant, le pouvoir neutralisant doit être accompagné par une analyse de l'efficacité permettant de fournir l'indice de valeur agricole (IVA). L'évaluation de l'IVA n'était pas prévue dans cette étude, mais l'alcalinité équivalente donne une indication sur le potentiel des résidus marins à corriger le pH d'un sol.

Une méthodologie pour évaluer l'IVA a été développée par le BNQ (2005)<sup>5</sup> dans une optique de certification. Le seuil minimal du pouvoir neutralisant est de 25 % sur une base sèche pour qu'un produit puisse être qualifié comme un amendement calcique ou magnésien selon la norme BNQ (BNQ 419-090). Des analyses complémentaires permettraient d'établir l'IVA des résidus marins. Il s'agit d'une piste intéressante de valorisation des résidus marins, car environ 150 000 tonnes d'amendements calciques ou magnésiens sont épandues annuellement au Québec (Hébert et al., 2008)<sup>6</sup>. Il est intéressant de noter que la moitié de ces amendements est certifiée par le BNQ alors que l'autre moitié fait l'objet d'une supervision par le MDDEP. Par contre, le prix de vente de la chaux, excluant la livraison, est d'environ 20 \$/tonne (Hébert et Breton, 2008)<sup>7</sup>, basé sur un IVA de 77 %.

## 2.2. Coefficient d'efficacité de l'azote (CEN)

Le CEN indique la quantité d'azote disponible pour la nutrition des plantes suite à l'épandage d'un engrais organique. Il s'agit d'un indicateur théorique qui permet d'estimer la dose d'un engrais organique en fonction de la teneur en azote. La méthode de calcul est basée sur le guide de référence en fertilisation (CRAAQ, 2010)<sup>8</sup>. L'azote minéral, soit le N-NH<sub>4</sub> et le N-NO<sub>3</sub> est considéré comme étant 100 % disponible. Les carapaces de crevettes contiennent très peu d'azote minéral. La fraction d'azote organique théoriquement disponible est déterminée en fonction du rapport C/N. Le rapport C/N des résidus a été évalué à 4,4 (tableau 1). La fraction d'azote organique disponible pour les matières organiques qui possèdent un rapport C/N inférieur à 5 est de 40 %. Le calcul pour déterminer le coefficient d'efficacité est le suivant :

$$\text{CEN} = \frac{((\text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3) * 100 \%) + ((\text{N total} - (\text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3)) * 40 \%)}{\text{N total}}$$

Étant donné que pratiquement tout l'azote est sous forme organique, le CEN a été évalué à 40 %, ce qui signifie qu'environ 40% de l'azote contenu dans les résidus marins est disponible pour la croissance des plantes après l'épandage (1<sup>re</sup> année). Ce CEN a servi au calcul de la dose de résidus marins dans l'essai de germination et pour évaluer le pouvoir de minéralisation. Il importe de préciser que l'évaluation du coefficient d'efficacité de l'azote requiert la mise en place de parcelles au champ incluant l'épandage de plusieurs doses et des analyses de teneur en azote de la biomasse.

<sup>5</sup> BNQ. 2005. Norme, Amendements calciques ou magnésiens provenant de procédés industriels. BNQ 0419-070. Bureau de Normalisation du Québec. Québec. 41 p.

<sup>6</sup> Hébert, M., G. Busset et E. Groeneveld. 2008. Bilan 2007 de la valorisation des matières résiduelles fertilisantes. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. Québec. 14 p.

<sup>7</sup> Hébert, M. et B. Breton. 2008. Recyclage agricole des cendres de bois au Québec – État de la situation, impacts et bonnes pratiques agroenvironnementales. Agrosolutions 19(2): 18-33.

<sup>8</sup> CRAAQ. 2010. Guide de référence en fertilisation, 2e édition. 473 p.



### 2.3. Pouvoir de minéralisation

Le pouvoir de minéralisation permet de quantifier le potentiel d'un sol à transformer l'azote organique en nitrates pour la nutrition des plantes. Ce paramètre est utilisé pour évaluer la valeur fertilisante des engrais organiques. Deux doses de résidus marins (3,2 et 6,4 tonnes/ha) ont été appliquées sur un loam argileux de la ferme expérimentale de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) à St-Lambert-de-Lauzon, soit l'équivalent de 80 et 160 kg N/ha. Environ 4 semaines après l'application des résidus marins dans les parcelles, le sol a été échantillonné et envoyé au laboratoire de l'IRDA pour les essais d'incubation pendant 20 jours. La différence entre le jour 20 ( $J_{20}$ ) et le jour 0 ( $J_0$ ) exprime le potentiel de minéralisation et permet de comparer les deux doses avec le témoin non fertilisé.

**Tableau 2. Pouvoir de minéralisation du sol avec des résidus marins (en mg/kg m.s.).**

Traitement	N-NH <sub>4</sub> j <sub>0</sub>	N-NH <sub>4</sub> j <sub>20</sub>	N-NH <sub>4</sub> (J <sub>20</sub> - J <sub>0</sub> )	N-NO <sub>3</sub> j <sub>0</sub>	N-NO <sub>3</sub> j <sub>20</sub>	N-NO <sub>3</sub> (J <sub>20</sub> - J <sub>0</sub> )	N minéral <sup>1</sup> (kg/ha)
Témoin	0,66	0,30	-0,36	1,60	5,54	3,94	3,6
80 kg N/ha	12,12	0,36	-11,75	20,82	40,83	20,00	18,5
160 kg N/ha	10,26	0,76	-9,51	28,67	56,72	28,04	41,5

<sup>1</sup> : N minéral = (N-NH<sub>4</sub> (J<sub>20</sub> - J<sub>0</sub>) + N-NO<sub>3</sub> (J<sub>20</sub> - J<sub>0</sub>)) x 2,24

Les résultats présentés au tableau 2 mettent en évidence le pouvoir de minéralisation élevé des résidus marins comparativement au témoin. Le faible rapport C/N des résidus (< à 5) a facilité la minéralisation de l'azote organique par les microorganismes avec 20 et 28,04 mg N-NO<sub>3</sub>/kg pour les doses respectives de 80 et 160 kg N/ha. Le sol témoin a produit moins de 4 mg de N-NO<sub>3</sub>/kg. La dose de 160 kg N/ha a produit davantage de N-NO<sub>3</sub> que la dose de 80 kg N/ha. En parallèle, une réduction du contenu en N-NH<sub>4</sub> a été mesurée, ce qui signifie qu'une partie du N-NH<sub>4</sub> a été transformée en N-NO<sub>3</sub>. L'équivalent d'environ 18,5 et 41,5 kg de N/ha ont minéralisé avec les doses respectives de 80 et 160 kg/ha.

Sur le même site, du digestat de méthanisation a été épandu pour comparer leur valeur fertilisante avec les engrais minéraux. À doses équivalentes, le sol ayant reçu le digestat de méthanisation et l'engrais d'origine minérale avait un pouvoir de minéralisation en nitrates moins élevé qu'avec le sol amendé avec les résidus marins déshydratés. Les résultats de l'essai d'incubation révèlent donc que l'azote contenu dans les résidus marins est facilement minéralisable et donc disponible par la suite pour la croissance des plantes.



### 3. ESSAI DE GERMINATION

#### 3.1. Méthodologie

Le matériel suivant a été utilisé pour réaliser l'essai de germination :

- Terreau pour semis (sans engrais) avec pH corrigé;
- Douze pots ronds de 10 cm de rayon;
- Semences de radis;
- Fumier de bovin laitier de la ferme d'application du Collège d'Alma;
- Résidus de crevettes déshydratées à 92 % de matières sèches;
- Une chambre de croissance.

Les mélanges de substrat pour chaque traitement sont décrits au tableau 3 et les analyses physicochimiques sont présentées au tableau 4. Dans un premier temps, les résidus marins ont été mélangés à du fumier de bovins dans une proportion de 75 à 25 % (T1) afin de combler les besoins du radis. Les besoins nutritifs du radis ont été complétés avec de l'engrais minéral ( $K_2O$ ) pour éviter toute déficience en potassium qui pourrait affecter la croissance du radis. Par la suite, le mélange d'amendements a été ajouté au terreau pour semis. Un deuxième traitement (T2) était constitué de 100 % de résidus marins (avec  $K_2O$ ) alors qu'un troisième traitement visait à combler les besoins nutritifs du radis avec des engrais d'origine minérale (T3). Un témoin constitué seulement du terreau (T4) complétait les traitements qui ont été répétés trois fois. Une fois les mélanges complétés, 12 grains de radis ont été placés dans chacun des pots à environ 1 cm de profond à une distance d'environ 3 cm. Après 14 jours, un éclaircissage a été fait pour qu'il reste cinq plants par pots.

**Tableau 3. Composition des substrats évalués dans l'essai de germination.**

Traitement	T1	T2	T3	T4
Description	75 % RM + 25 % FB	100 % RM	Engrais minéraux	Témoin avec terreau d'empotage seulement
Terreau (g)	1 010,95	1 082,35	1 092,39	1 100,00
46-0-0 (g)	-	-	0,78	-
0-46-0 (g)	-	-	3,30	-
0-0-22 et 11 en Mg (g)	1,55	3,50	3,54	-
RM : résidus marins (g)	10,62	14,16	-	-
FB: fumier de bovin (g)	76,88	-	-	-

L'essai a démarré le 22 juin 2012. La durée d'éclairage dans la chambre de croissance a été ajustée à 14 heures par jours et la température a été en moyenne de 18°C. Les pots ont été arrosés avec la même quantité d'eau pendant toute la période de l'essai. Des photos ont été prises pour illustrer les différences entre les traitements. Le taux de



germination a été évalué le 28 juin et le 3 juillet. Après 26 jours, les plants ont été récoltés et les paramètres suivants ont été évalués :

- Hauteur des plants;
- Grosseur des racines (diamètre);
- Poids de la biomasse aérienne;
- Poids de la biomasse des racines.

Les quatre mélanges ont été analysés pour déterminer la teneur en N total, N-NO<sub>3</sub>, P, K, Ca, Mg, Na. Le pH et la conductivité électrique ont aussi été analysés (tableau 4). Les valeurs de pH avoisinaient la neutralité et les teneurs en N-P-K étaient assez similaires, excepté pour le phosphore. Le substrat T4 sans engrais contenait environ 50 % du phosphore contenu dans le T3. La conductivité électrique était légèrement supérieure pour le T3. La teneur en azote était assez similaire entre le substrat.

**Tableau 4. Résultats des analyses physicochimiques des substrats.**

Traitements*	pH	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Al (mg/kg)	Conductivité (uS/cm à 25)	C (%)	N (%)	C/N
<b>T1</b>	7,31	1027	2607	13444	2325	861	408	36,5	0,647	56,5
<b>T2</b>	7,06	1168	2073	14439	2341	1045	406	37,6	0,722	52
<b>T3</b>	6,89	1544	2375	13162	3095	960	612	36,4	0,637	57,1
<b>T4</b>	7,34	820	2391	13944	1892	964	344	37,6	0,706	53,2

**T1 : 75% résidus marins + 25 % fumier de bovin; T2 : 100 % résidus marins; T3 : Engrais minéraux;  
T4 : Témoin avec terreau d'emportage seulement**



### 3.2. Résultats

Le taux moyen de germination six jours après le semis a varié de 75 à 97,2 %, le taux de germination le plus élevé ayant été obtenu avec le témoin (T4). Après onze jours, le taux de germination du témoin était légèrement plus élevé par rapport aux autres traitements (figure 1).

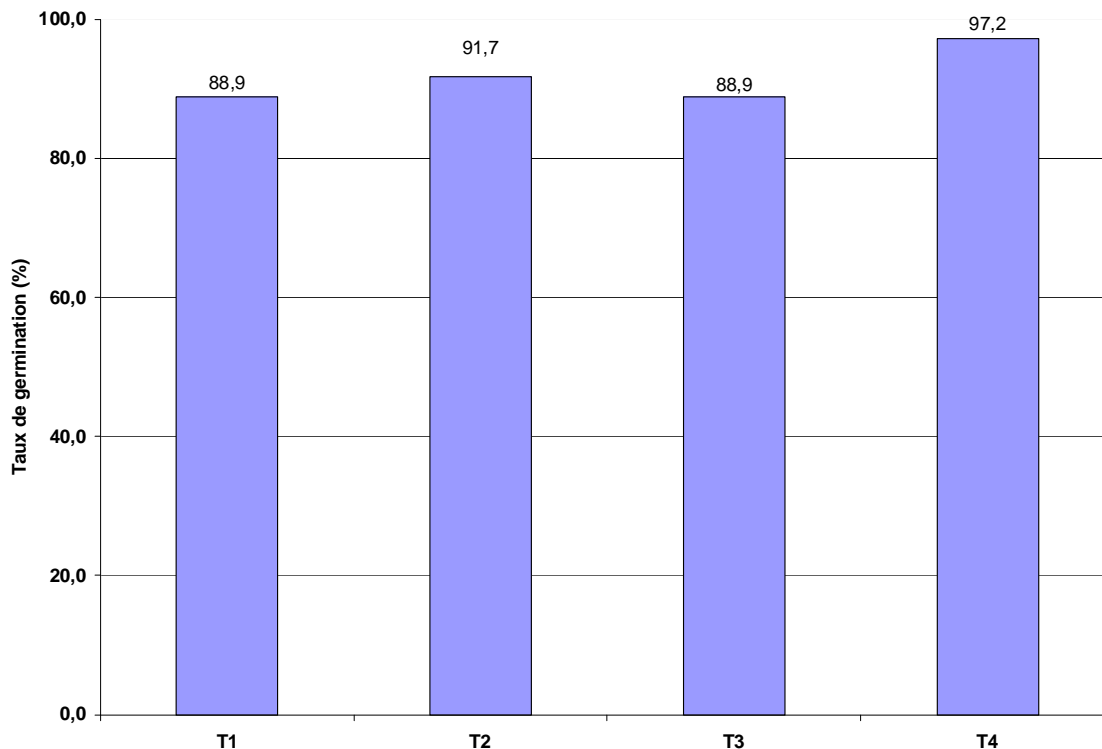


Figure 1. Taux de germination onze jours après le semis.

Le témoin a généré des plants de radis beaucoup moins haut que les autres traitements à la fin de l'essai (figure 2). Les traitements T1, T2 et T3 ont produit des plants de radis d'une hauteur moyenne comparable. Les photos présentées à la figure 6 mettent en évidence la différence entre T4 et les autres traitements.

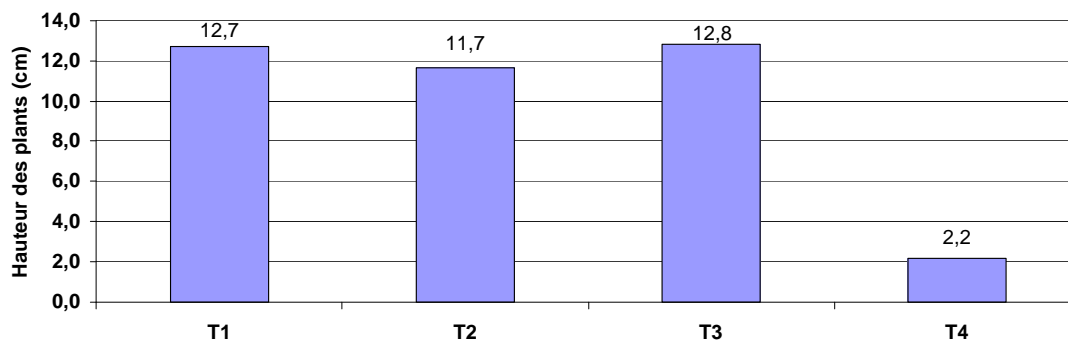
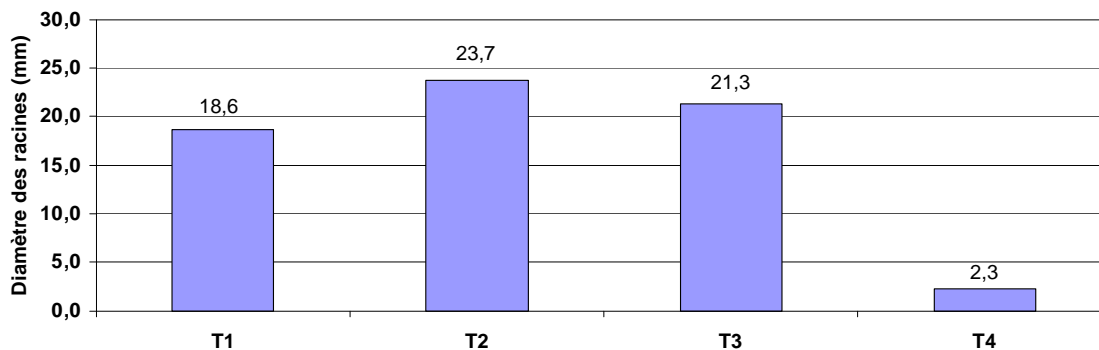


Figure 2. Hauteur des plants à la récolte.

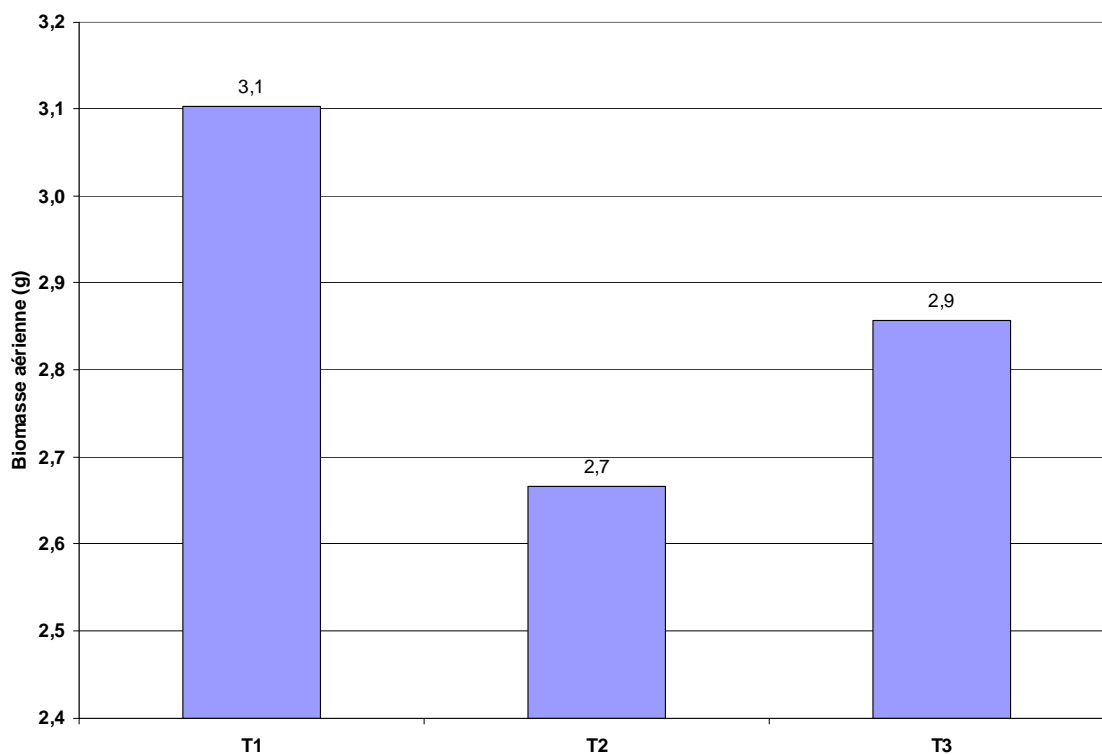


Le diamètre moyen des radis du traitement T4 est largement inférieur par rapport aux autres traitements (figure 3) et les photos de la figure 7 le démontrent. Les plants qui ont évolué dans le terreau avec les résidus marins purs ont généré de plus grosses racines que les autres traitements.



**Figure 3. Diamètre des racines à la récolte.**

Le poids de la biomasse aérienne et de la biomasse des racines a été évalué pour tous les traitements. La biomasse étant très faible pour le témoin, la biomasse aérienne et la biomasse des racines (radis) ont été pesées ensemble. La biomasse des racines inclut donc la biomasse aérienne pour T4. Les résidus marins mélangés au fumier (T1) et l'engrais minéral (T3) ont produit une quantité de biomasses aériennes similaire (figure 4).

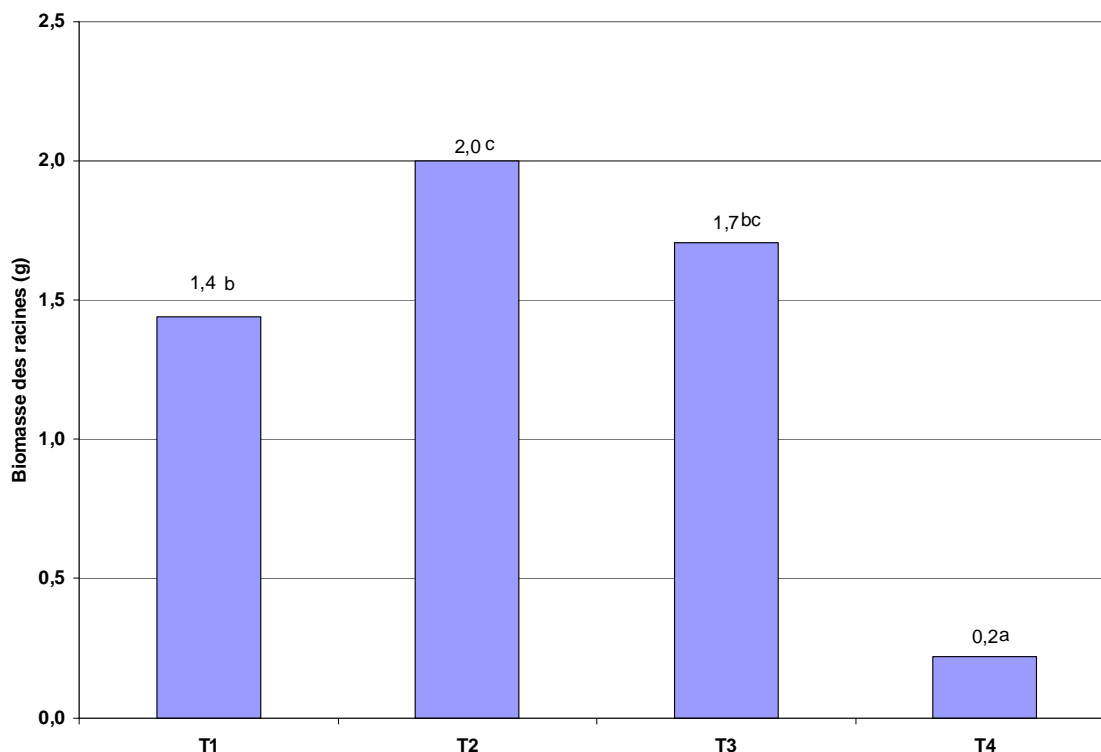


**Figure 4. Biomasse aérienne à la récolte (25 jours après le semis).**



En revanche, c'est le traitement avec les résidus marins purs (T2) qui a produit les meilleurs rendements en radis (figure 5). L'analyse statistique démontre que la différence entre le traitement T1 et tous les autres traitements était significative, ce qui indique un effet positif des résidus marins sur les rendements. Le substrat incluant 100 % de résidus marins a produit des rendements significativement supérieurs aux substrats contenant des engrais minéraux (T3) et le mélange de fumier de bovins plus les résidus marins (T2). L'effet des mélanges sur les rendements en radis se traduit comme suit :

Résidus marins 100 % > Engrais minéral = Fumier de bovin + Résidus marin > Témoin



**Figure 5.** Biomasse des racines à la récolte (25 jours après le semis). Les lettres différentes indiquent une différence significative. D'après l'analyse statistique (ANOVA; test Turkey avec intervalle de confiance 95 %).





T1



T2



T3



T4

Figure 6. Photos de la biomasse aérienne à la récolte.



T1



T2



T3



T4

Figure 7. Photos des racines à la récolte.





L'essai de germination a permis de démontrer que l'utilisation de résidus marins purs ou en mélange avec du fumier de bovins pouvait générer des rendements en radis similaires (figure 6) à ceux obtenus avec des engrais d'origine minérale. Aucun effet phytotoxique n'a été remarqué. Les résidus marins, purs ou en mélange, constituent donc une source d'azote et de phosphore qui a le potentiel de remplacer les engrais minéraux. L'ajout de résidus marins, seuls ou en mélange, doit toutefois être complété avec du potassium selon la teneur du sol.

Ces résultats préliminaires doivent être validés en plein champ avec des types de plantes susceptibles d'être fertilisés avec des résidus marins dans la région de la Gaspésie, comme les céréales. Des essais en conditions réelles de plein champ permettraient aussi d'évaluer l'effet des résidus marins, purs ou en mélange sur les microorganismes du sol. L'effet des résidus marins sur le cycle des éléments nutritifs serait ainsi exprimé à son plein potentiel dans un essai en plein champ.

#### **4. STRATÉGIE DE VALORISATION ET RECOMMANDATIONS POUR UN ESSAI D'ÉPANDAGE**

##### **4.1. Stratégie de valorisation agricole**

La valorisation agricole des matières résiduelles fertilisantes par épandage nécessite un mode d'épandage qui permet de conserver la valeur fertilisante et de réduire les risques d'émission d'odeur. L'incorporation rapide des résidus marins est par conséquent recommandée, comme pour tout autre MRF ou fumier. Dans un essai de réhumectation, les carapaces déshydratées ont entraîné des émissions de fortes odeurs en moins de 24 heures. L'incorporation des résidus est donc fortement recommandée pour éviter les émissions d'odeur. Les cultures ciblées pour appliquer les résidus marins sont les céréales, principalement le blé, l'orge et l'avoine. Ces cultures permettent l'incorporation des résidus comparativement à une prairie.

Selon le contexte cultural en Gaspésie et les modalités d'épandage, la fenêtre disponible pour réaliser les épandages se limite au printemps en pré-semis, soit de mai à juin et selon les conditions climatiques. D'après le recensement agricole de Statistique Canada<sup>9</sup>, les superficies en céréales dans la région de la Gaspésie-Les-Îles représentent un total d'environ 4 570 ha et se répartissent comme suit :

- Blé : 240 ha;
- Céréales mélangées : 122 ha;
- Avoine : 3 001 ha (recensement 2006);
- Orge : 1 208 ha (recensement 2006).

---

<sup>9</sup> Statistique Canada. 2011. Recensement de l'agriculture de 2011. Données sur les exploitations et les exploitants agricoles. N° catalogue 95-640 XWF.



L'avoine et l'orge étant les principales céréales cultivées dans la région, les besoins en azote de ces céréales ont servi de référence. Les recommandations en azote pour ces deux cultures varient de 40 à 80 kg/ha (CRAAQ, 2010). Considérant une dose moyenne de 60 kg N/ha et une superficie totale à fertiliser de 4 570 ha, les besoins en azote pour la culture des céréales en Gaspésie sont approximativement de 274 200 kg. Selon un coefficient d'efficacité évalué à 40 % et une teneur en azote de 6,3 %, une tonne de résidus marins apporte environ 25,2 kg N/ha. Un peu moins de 2,5 tonnes de résidus marins déshydratés à l'hectare seraient nécessaires. Par contre, l'ajout de petites doses (< 3 à 4 tonnes/ha) serait à évaluer avec des épandeurs à fumier équipé d'une guillotine permettant de limiter la sortie de fertilisant. Annuellement, plus de 10 000 tonnes de résidus marins déshydratés seraient nécessaires pour fertiliser la totalité des superficies en céréales. Le potentiel théorique semble intéressant, mais de nombreux freins limitent la fertilisation de ces superficies avec les résidus marins :

- Coûts de transport;
- Entreposage;
- Fenêtres d'épandage limitées;
- Méthodes d'épandage et capacité des épandeurs à fumier à épandre de petites doses
- Coûts reliés à la gestion des épandages (demande de C.A., PAER, analyses, etc.)
- Perception des MRF;
- Ajout d'une source minérale de potassium.

Si l'épandage agricole des résidus marins déshydratés est priorisé comme voie de valorisation, une étude technicoéconomique serait nécessaire afin d'évaluer précisément les coûts reliés à l'épandage des résidus marins comparativement à l'utilisation des engrais minéraux. De plus, une telle étude permettrait d'attribuer une valeur ajoutée aux résidus marins en tant qu'amendement calcique. La légèreté des résidus déshydratés représente néanmoins un défi non négligeable tant pour l'uniformité de la dose appliquée que pour la capacité des épandeurs à épandre de petites doses.

Les coûts liés à la déshydratation complète étant élevés, les alternatives permettant de déshydrater partiellement les résidus marins pourraient être envisagées. Le pressage mécanique n'étant pas une alternative puisque d'après Merinnov, les résidus ne sont pas suffisamment stabilisés et émettent des odeurs. Dans ce contexte, peut-être que le bioséchage ou l'ajout d'un coproduit permettrait de déshydrater partiellement les résidus tout en procurant une stabilisation biologique.

Par exemple, le bioséchage est un processus de déshydratation qui implique des microorganismes qui génèrent de la chaleur. Ce procédé se distingue par rapport au pressage mécanique ou à la déshydratation complète puisque le procédé décompose les acides gras volatils (AGV) responsables des odeurs. La déshydratation ne fait que réduire le taux d'humidité



sans détruire les AGV. Lors de l'épandage des RM séchés, le taux d'humidité des RM va augmenter, ce qui risque de générer des problèmes d'odeurs. Un essai pour valider la performance du bioséchage avec les résidus marins et évaluer les coûts pourrait être réalisé.

Il a été démontré que le traitement des résidus avec de la chaux éteinte  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  ou de l'oxyde de calcium ( $\text{CaO}$ ) contribuait à augmenter la durée de conservation des résidus marins (MacLeod et al., 2006). Le principe repose sur l'augmentation du pH, ce qui limite la prolifération des microorganismes. Il serait pertinent d'envisager cette méthode de traitement pour abaisser les coûts tout en atteignant une stabilité. Par exemple, la possibilité de combiner le pressage mécanique ou le bioséchage avec de la chaux éteinte ou de l'oxyde de calcium pourrait être envisagée. L'ajout d'un coproduit représente des coûts, mais pourrait permettre d'abaisser le degré de siccité nécessaire pour atteindre une stabilité biologique. **D'après MacLeod et al. (2006), l'ajout de seulement 2 % de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  à des résidus humides permet d'obtenir une stabilisation du produit pour un minimum de dix jours, ce qui laisse une période de temps pour gérer les résidus avant les activités d'épandage.** Bien que l'essai de MacLeod et al. (2006) ait été réalisé avec des résidus de moules, cette méthode a un potentiel d'applicabilité avec les résidus de crevettes.

La figure 8 synthétise les différentes options de conditionnement et de valorisation agricole des résidus selon les degrés de déshydratation. Compte tenu du coût de la déshydratation complète et des incertitudes vis-à-vis des marchés (biologiques et horticoles), les options de valorisation présentées demeurent théoriques. Par contre, l'aspect technicoéconomique relié à la déshydratation partielle avec le pressage ou le bioséchage, en combinaison ou non avec l'ajout de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  mérite d'être documenté. La durée de conservation entre les fenêtres d'épandage est inconnue. Dans une optique à court terme, l'épandage des résidus frais amendés avec du  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ou un autre cosubstrat représente la voie de valorisation la plus économique. L'épandage d'un produit frais et stabilisé, en mélange ou non avec des déjections animales, requiert quand même d'autres essais (dose de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , équipement d'épandage, durée de conservation des résidus, etc.).



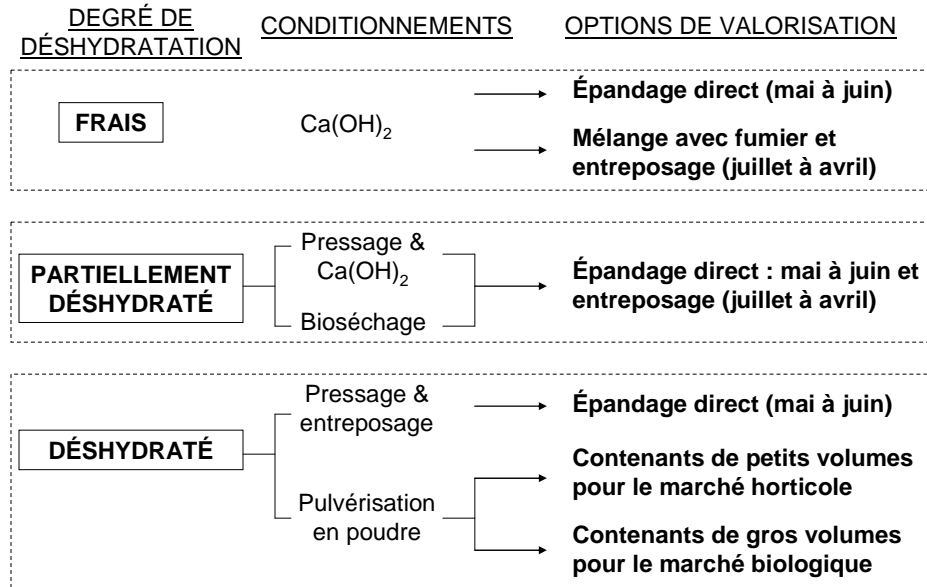


Figure 8. Les différentes options de valorisation agricoles.

## 4.2. Valorisation énergétique

La valorisation énergétique est considérée dans cette étude, car les résidus issus des bioénergies peuvent être destinés à un usage agricole (biocharbon, digestat ou cendres). La seule option de valorisation énergétique semble être la digestion anaérobique (méthanisation) pour la production de biogaz<sup>10</sup>. Les résidus marins ont une faible valeur calorifique et sont très humides à l'état pur, ce qui représente des limitations pour la valorisation par combustion ou par pyrolyse par exemple. La littérature est peu abondante sur la digestion anaérobique des résidus marins, mais l'ajout de cosubstrats serait nécessaire pour optimiser la production de biogaz et rentabiliser le procédé. La valorisation par digestion anaérobique pourrait possiblement se faire dans un contexte spécifique où une usine de digestion anaérobique s'installerait à proximité des usines de transformation des crevettes.

## 4.3. Recommandations pour des essais d'épandage

Cette étude a permis de démontrer le potentiel de valorisation agricole des résidus marins déshydratés tout en mettant en évidence un certain nombre de défis. Étant donné l'incertitude quant au type de produit qui sera épandu (déshydraté, partiellement déshydraté, purs, en mélange avec du fumier ou avec un additif, etc.). Les quelques recommandations qui suivent proposent des pistes pour documenter davantage les défis et les problématiques reliés à l'épandage des résidus marins.

Un essai d'épandage en parcelles expérimentales est proposé afin d'acquérir des connaissances agronomiques sur l'épandage des résidus marins en mélange avec du fumier. Les résultats d'un essai d'épandage à plus grande échelle avec différentes doses sont

<sup>10</sup> Biogas Production from the waste of the shrimp manufacture in Sisimiut. Arctic Technology 11427 – Spring 2009. [En ligne] : <ftp://artekftp.byg.dtu.dk/Rapporter/2009/09-20/BiogasProduction.pdf>



nécessaires dans un premier temps pour confirmer les résultats de l'essai de germination et de croissance. Étant donné que l'utilisation de résidus purs peut nuire à certaines cultures comme le soya par exemple (MacLeod et al., 2006), il serait pertinent de réaliser l'essai dans les deux principales cultures visées, soit l'orge et l'avoine. Un dispositif incluant quatre traitements (deux ratios de mélanges et deux doses) et un témoin pourrait être répété trois fois pour un total de 15 parcelles. Des analyses de sol, avant et après les épandages, des analyses foliaires pour les teneurs en azote ainsi que des analyses physicochimiques pour caractériser les mélanges de résidus marins et de fumier sont essentielles. Le budget pour réaliser un essai d'épandage varie notamment en fonction de la superficie, des paramètres à analyser et de l'intensité du suivi. Une vérification auprès du MDDEP permettrait d'orienter la sélection des paramètres à analyser.

Par ailleurs, un essai orienté davantage sur les aspects techniques devrait être envisagé. L'option de mélanger les résidus marins avec du fumier peut se faire soit dans les amas au champ ou dans les fosses. Dans les deux cas, des manipulations supplémentaires par rapport aux pratiques habituelles reliées à la gestion des fumiers ou des engrais minéraux sont requises. Ces manipulations doivent être réalisées chez un producteur agricole afin de cerner les problématiques et les pratiques optimales (ratio des mélanges, équipements et méthode pour procéder aux mélanges, temps requis pour les manipulations, etc.). Un essai à la ferme permettrait de recueillir des données technicoéconomiques permettant de quantifier les coûts de cette pratique.

Enfin, un essai sur l'ajout de  $\text{Ca(OH)}_2$  ou de  $\text{CaO}$  permettrait de mieux évaluer l'effet des additifs sur la stabilité biologique. MacLeod et al. (2006) précisent que l'ajout de 1,5 ou 10 % de  $\text{Ca(OH)}_2$  augmente le pH et réduit la liquéfaction des résidus. Ces résultats ont été obtenus avec des résidus de moule et par conséquent, doivent être validés avec des carapaces de crevette. **La dose de  $\text{Ca(OH)}_2$  semble déterminer la durée de la stabilisation et d'après les auteurs, une stabilisation à long terme est possible à condition de déterminer la bonne concentration.** Les méthodes pour l'ajout des additifs aux résidus, les proportions optimales, les coûts des additifs, les effets agronomiques ainsi que les émissions d'odeurs sont toutes des éléments qui doivent être documentés afin de déterminer s'il s'agit d'une solution viable.

## 5. CONCLUSION

Les résidus marins déshydratés représentent une source intéressante d'azote et de carbonates pour la valorisation agricole. En revanche, de nombreux défis limitent les épandages de résidus marins comme la méthodologie d'épandage, le degré de siccité optimale en fonction de la stabilité biologique ou la gestion plus complexe des épandages par rapport aux engrais minéraux. D'autre part, le niveau d'intérêt des producteurs en grandes cultures pour épandre les résidus marins risque d'être modulé par le coût et la simplicité des opérations comparativement à l'usage des fumiers ou des engrais minéraux.



Les résidus marins déshydratés à plus de 92 % de matière sèche méritent une attention particulière concernant la valorisation en productions biologique ou sur le marché horticole. Une étape supplémentaire de broyage serait nécessaire pour produire une poudre pouvant être mise en contenant. De nombreux produits similaires existent actuellement. Les producteurs biologiques pourraient d'ailleurs être intéressés par ce produit à valeur ajoutée s'il était disponible dans des contenants de gros volume (~1 m<sup>3</sup>) ou en vrac. Le pressage ou tout autre procédé de densification serait souhaitable pour limiter les frais de transport. L'ouverture des marchés horticoles ou biologiques à ce type de produit est inconnue, car les données technicoéconomiques sont inexistantes.

Les substrats contenant des résidus marins ont générés des rendements comparables ou supérieurs au substrat contenant de l'engrais minéral. L'essai d'incubation a permis de démontrer l'apport d'azote provenant des résidus marins. Enfin, le mélange avec du fumier et la stabilisation par l'ajout d'un additif comme du Ca(OH)<sub>2</sub> sont des avenues prometteuses pour la valorisation agricole. À première vue, l'ajout d'un additif comme le Ca(OH)<sub>2</sub> ne limite pas la valorisation des résidus uniquement au niveau agricole et permet d'autres utilisations. L'aspect technicoéconomique de cette méthode mérite d'être documenté.

Le potentiel de valorisation agricole ou horticole est réel, mais pourrait être quantifié avec davantage de précisions au niveau technicoéconomiques. Afin d'assurer le développement de cette filière, ces éléments devraient être évalués dans des étapes subséquentes :

- Coûts d'entreposage, de transport et d'épandage;
- Modalités d'épandage (équipements, doses, etc.);
- Mélanges avec du fumier ou Ca(OH)<sub>2</sub> (méthode, proportion, etc.);
- Essais en parcelles (céréales);
- Potentiel de marché selon le type de produit.