

Rapport final

No projet : IA113118

Évaluation du potentiel de valorisation de résidus granulés de pommes de terre à la ferme pour les filières alimentation animale, fertilisation et énergie

Christine Landry, Mylène Marchand-Roy, Caroline Côté, Stéphane Godbout, Dany Cinq-Mars, Luc Belzile, Richard Hogue

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

1^{er} mars 2017

Section 1 - Chercheurs impliqués et responsable autorisé de l'établissement (ces personnes doivent également faire parvenir un courriel pour attester qu'ils ont lu et approuvent le rapport.)

Christine Landry, agr., bio., Ph. D.
IRDA
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
418 643-2380 poste 640
christine.landry@irda.qc.ca

Mylène Marchand-Roy, agr., M. Sc.
IRDA
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
418 643-2380 poste 646
mylene.marchand@irda.qc.ca

Caroline Côté, agr., Ph. D.
IRDA
335, rang des Vingt-Cinq Est
Saint-Bruno-de-Montarville J3V 0G7
450 653-7368 poste 310
caroline.cote@irda.qc.ca

Dany Cinq-Mars, agr., Ph. D.
Université Laval – Pavillon Paul-Comtois
2425, rue de l'Agriculture
Québec (Québec) G1V 0A6
418 656-2131 poste 11362
dany.cinq-mars@fsaa.ulaval.ca

Richard Hogue, bio., Ph. D.
IRDA
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
418 643-2380 poste 420
richard.hogue@irda.qc.ca

Stéphane Godbout, ing., agr., Ph.D.
IRDA
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
418 643-2380 poste 600
stephane.godbout@irda.qc.ca

Luc Belzile, agroéconomiste, M. Sc.
IRDA
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
418 643-2380 poste 630
luc.belzile@irda.qc.ca

Section 2 – Partenaires

Les Fermes David et Richard Blais inc. - producteurs

Biopterre – Location du broyeur

Casa Breton – Expertise et location du presseur à ballon

Atelier Tenons-nous – Conseil et expertise en granulation

IRDA

- Équipe Christine Landry
 - Mylène Marchand-Roy, agr., M. Sc., Julie Mainguy, agr., Mélissa Paradis, bio., M. Sc.
- Équipe Caroline Côté
 - Mylène Généreux, agr., M. Sc., Annie Fortin, tech., Kathie Roseberry, tech.
- Équipe Richard Hogue
 - Thomas Jeanne, M. Sc.
- Équipe Luc Belzile
 - Alicia Patry, agr.
- Équipe Stéphane Godbout
 - Joahnn Palacios, ing. M. Sc., Patrick Brassard, étudiant au doctorat, Frédéric Pelletier, ing., M. Sc., Jean-Pierre Larouche, chimiste, Cédric Morin, tech.
- Michèle Grenier, M. Sc., biostatisticienne
- Dan Zegan, M. Sc., professionnel de transfert en technologies

Université Laval - FSAA

- Équipe Dany Cinq-Mars
 - Nancy Bolduc, tech.

Remerciements : L'IRDA tient à remercier les nombreuses autres personnes qui ont contribué au succès du projet, notamment Hubert Labissonnière, technicien agricole, les ouvriers des fermes expérimentales de l'IRDA à Deschambault et à St-Lambert, le personnel technique des différents laboratoires d'analyse de l'IRDA, ainsi que les étudiants d'été.

Section 3 – Fiche de transfert (max 2 à 3 pages)

Que faire de toutes ces pommes de terre déclassées? Des granules!

C. Landry, M. Marchand-Roy, C. Côté, S. Godbout, D. Cinq-Mars, L. Belzile, R. Hogue

No de projet : (réservé à l'administration)

Durée : 04/2014 – 03/2017

FAITS SAILLANTS

De 2014 à 2016, 8 500 kg de pommes de terres (Pdt) déclassées ont été broyées et granulées afin d'explorer des voies de valorisation en alimentation animales, fertilisation et énergie. La nature du résidu a fait en sorte qu'il est possible de produire en quelques étapes (broyage, pressage, séchage) simples et peu coûteuses, en raison des équipements utilisés, des granules (Gr) à valeur ajoutée qui conservent leur intégrité. La durée d'entreposage des Pdt et leur variété n'ont pas influencé leurs caractéristiques. Ainsi, 24h de pressage suivies d'un séchage d'appoint permettaient d'atteindre 88% de matière sèche (MS) de la fraction solide (FS) conduisant au taux optimal de conversion en Gr de 17%. Toutefois, une part importante des éléments, solubles, demeuraient dans la fraction liquide (FL), exception faite de la matière carbonée. Une amélioration du procédé pour augmenter la part d'éléments demeurant dans la FS serait donc à envisager. D'autant plus que l'azote (N), et donc les protéines, à 62% soluble, est un des éléments les moins récupérés. Ceci diminue la valeur tant fertilisante qu'alimentaire des Gr. La granulation a toutefois assuré un contrôle des agents pathogènes *E. coli*, *Salmonella spp.* et *Listeria monocytogenes*, en plus d'inactiver l'agent causal de la gale commune. De plus, granulées, les Pdt se conservent longtemps, occupent 6,2 fois moins d'espace et pèsent 6 fois moins. Leur manutention est donc grandement facilitée. Épanchés au champ, les Gr ont fait augmenter les populations des familles microbiennes du sol des genres *Arthrobacter* (fonction de dégradation), *Limnobacter* et *Burkholderia* (fonctions bénéfiques au niveau de la rhizosphère). Ils ont toutefois généré une immobilisation du N due à la perte du N dans la FL et du fort C/N (74) résultant. Cependant, celle-ci est transitoire car le carbone des Gr est hautement labile et activateur des microorganismes (MOG). Les Gr se sont aussi révélés une bonne source de potassium (K). Toutefois, le déséquilibre du ratio des cations (K/Ca+Mg) a entraîné des carences en Ca. D'autres essais au champ sur le moment d'application (ex. automne) ou sur l'apport combiné avec des engrais minéraux ou de ferme sont donc encore nécessaires. La valorisation énergétique demande aussi davantage de travaux puisque la combustion des Gr a produit des mâchefers et fait augmenter l'émission de particules. Toutefois, les Gr peuvent servir de combustible dans des chaudières à biomasse et la plupart de leurs caractéristiques sont similaires à celles des Gr de bois. La co-granulation bois-granules serait donc une avenue intéressante. Au final, c'est l'alimentation animale qui s'est avérée la voie la plus prometteuse. La valeur énergétique de source glucidique de la Pdt a été fortement concentrée sous sa forme granulée. Les Gr peuvent dorénavant se substituer au maïs-grain dans l'alimentation des bouvillons. Leur fort contenu en amidon laisse aussi croire qu'il serait possible d'explorer la voie de remplacement des antibiotiques chez le porcelet pour limiter la diarrhée lors du sevrage. Les entreprises porcines avec moulange à la ferme pourraient également bénéficier économiquement de l'ajout de Gr dans la ration de leurs animaux. Enfin, les Gr permettent des économies de transport, d'entreposage et de manutention marquées.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

1) Faciliter la conservation et l'usage des résidus de Pdt par leur granulation et caractériser le potentiel de valorisation de la FS granulée par l'identification de sa salubrité et de ses propriétés nutritionnelles, fertilisantes ou énergétiques et de la FL par sa caractérisation agronomique. 2) Réaliser une analyse économique de substitution de produits concurrents selon les différentes voies de valorisation. Des Pdt déclassées ont été acquises chez un producteur agricole, broyées, pressées, séchées et granulées (broyeur Stephan UM 80, presseur à ballon Speidel HP150 et granulateur Granulart GRH200). Les diverses fractions obtenues ont été soumises à des analyses de caractérisation 1) agronomique au laboratoire d'analyses agroenvironnementales de l'IRDA 2) nutritionnelles (Université Laval) 3) microbiennes (LEM IRDA) et 4) de salubrité (LHEA IRDA). Un bioessai en serre sur la transmission de la gale, ainsi qu'un essai plein champ dans la culture de l'avoine ont permis de tester le potentiel agronomique des granules *in situ*. Les tests de combustion et de pyrolyse ont été conduits au LEAD de l'IRDA en hiver 2016.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Au cours du projet, 806 kg de Gr ont été produits. Selon le bilan de masse (Annexe 1.Tab.1), le taux de MS de la bouillie (Br) passe de 21 % à 90 % dans les Gr, avec un taux de conversion de 17% (Annexe 1. Tab.2.). Ce faisant, les contenus en N, P, K, Ca et Mg augmentent de 1,4 à 2,9 fois, selon les éléments (Tab. 1). Une part importante du carbone organique (C_{org}), dont 16% est soluble, se retrouve aussi dans les Gr. Une tonne de Gr apporte donc 437 kg de C_{org} et 5,5, 1,0 et 6,4 kg de N, P et K totaux, respectivement (Tab.1.). Par ailleurs, les Gr sont presque dépourvus d'éléments traces métalliques et les analyses microbiologiques de laboratoire et le bioessai en serre ont démontré que le procédé de granulation avait assuré un contrôle des agents pathogènes *E. coli*, *Salmonella spp.* et *Listeria monocytogenes*, en plus d'inactiver l'agent causal de la gale commune.

Tab.1. Principaux paramètres d'intérêt pour la valorisation des Gr de Pdt sur base tel qu'utilisé.

Paramètres	Granules (GR)
Taux de conversion Pdt à Gr (%)	17
M.S. (%)	89,73
pH	5,02
C Organique (2.00) (kg/t)	437,19
N total Kejdhal (kg/t)	5,45
P total (kg/t)	1,01
K total (kg/t)	6,44
Protéine (N x 6.25) (%)	3,6
Lipides (%)	0,3
Amidon (%)	74.7
UNT rum	89,1
Efficacité de combustion (%)	50,2
Pouvoir calorifique (MJ/kg)	7,3

En ce qui a trait à l'alimentation animale, les Gr possèdent une valeur énergétique de source glucidique, comparable à celle du maïs (Gr 89,1 et maïs 85,0). Leur valeur protéique est toutefois un peu moins de la moitié de celle du maïs puisque la majorité de la protéine, soluble, se retrouve dans la FL. De grandes quantités de Gr pourraient être incorporées dans les rations pour bouillons d'abattage et permettraient un débouché rapide pour en écouler de grandes quantités. Leur fort contenu en amidon laisse aussi croire qu'ils pourraient remplacer une partie des antibiotiques chez le porcelet pour venir limiter la diarrhée lors du sevrage. Les entreprises porcines avec moulange à la ferme pourraient également bénéficier économiquement de l'ajout de granules dans la ration de leurs animaux. Au niveau de la composition minérale, toutes les valeurs sont sous les seuils maximaux tolérables recommandés (Annexe 1.Tab.

3). Par contre, certains échantillons ont présenté des valeurs maximales en Al et Fe élevées, mais qui sont probablement dues aux équipements utilisés puisque la Br est pratiquement dépourvue en ces éléments. Le potentiel prébiotique des Gr (contenus en acides phénoliques de 0,07 mg/g) est véritable mais inférieur à celui des céréales conventionnelles (contenus entre 0,2 et 1,0 mg/g). L'acide férulique avait la plus grande concentration. Un contenu moyen de 0,134 mg/kg de solanine a aussi été mesuré, ce qui est très inférieur à la teneur maximale en glycoalcaloïdes totaux (200 mg/kg) régie par Santé Canada pour l'homme. L'exposition à la lumière des Pdt lors de l'entreposage doit cependant être évitée.

La performance énergétique des Gr a été similaire à celle des Gr de bois (Annexe 1.Tab. 4). Les principales différences étaient une efficacité légèrement plus faible (50,2 % vs 56,4 %) et un taux de combustion plus élevé (7,6 vs 4,3 kg/h) des Gr de Pdt (Tab 1) à cause de la teneur en humidité plus élevée et au pouvoir calorifique plus faible des Gr, respectivement. Il a été possible de produire de l'huile par pyrolyse des Gr à un rendement maximal de 50%, mais le potentiel énergétique de cette huile s'est avéré très faible (7,3 MJ/kg) en raison de sa teneur en eau élevée (61,4 %). Puisque les seuils des autres paramètres de la norme ASTM D7544 sont respectés (Annexe 1.Tab. 5), il serait toutefois intéressant de réaliser des travaux pour retirer l'eau de l'huile pyrolytique ou pour éviter sa formation durant la pyrolyse.

Au niveau économique, le coût cible de production des Gr se chiffre à 190 \$/t. Ce coût est toutefois l'addition de la valeur des Gr (164\$/t) et de l'économie de coût de transport (26\$/t). Celui-ci pourrait donc être plus élevée en additionnant d'autres économies, tel que la plus grande facilité de manutention, la réduction de pertes due à l'acquisition d'une longue durée de conservation et la réduction marquée de l'espace d'entreposage nécessaire. Ces économies devraient être évaluées plus précisément lors des travaux futurs. La gestion des stocks est également facilitée dû au fait qu'il n'y a plus d'impératif d'emploi immédiat. Le prix du maïs-grain et du tourteau de soya établissant la valeur des Gr demeurent aussi des éléments d'incertitude qui peuvent multiplier le coût cible par 2,5 (105 \$/t vs 251 \$/t), selon que le contexte est favorable à l'utilisation des Gr ou non. En fonction de tout ceci, le producteur en production animale pourrait montrer un consentement à payer pour les Gr, contrairement aux Pdt déclassées.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

La réduction de 1 T de Pdt déclassées en 150 kg de Gr démontre qu'il existe des solutions potentielles simple pour gérer les résidus, ce qui est encourageant vu la nouvelle politique de gestion des matières résiduelles organiques (MRO) du MDDELCC qui prévoit le bannissement complet de leur enfouissement d'ici 2020. Bien que cette politique ne vise pas les producteurs, ceux-ci sont concernés puisqu'ils sont pointés comme receveurs des MRO des autres entités qui seront assujetties à cette nouvelle politique.

La valorisation des Gr en nutrition animale, première à privilégier, montre une solution facilement et rapidement applicable par l'industrie, en incorporant de grandes quantités de Gr dans les rations pour bouvillons d'abattage. Cette voie est d'autant plus prometteuse dans un contexte où le prix des grains, relativement élevé, n'entrevoit pas de baisse, même à long terme. De par leur fort contenu en amidon, les Gr pourraient aussi peut-être remplacer une partie des antibiotiques chez le porcelet pour limiter la diarrhée lors du sevrage. Les entreprises porcines avec moulange à la ferme pourraient également bénéficier économiquement de l'ajout de Gr dans la ration de leurs animaux. Des études supplémentaires restent essentielles pour explorer d'autres questionnements, notamment les changements d'odeurs, d'agents pathogènes ou d'émissions de gaz qui pourraient survenir dans les déjections.

Les autres voies de valorisations ont aussi démontrées un potentiel mais demande davantage de travaux complémentaires. Du côté agronomique, il s'agirait surtout d'étudier l'épandage d'automne, seul ou en complémentarité avec des engrais de ferme riches en N et susceptibles de causer des pertes de nitrate. La fonction immobilisante azotée transitoire des Gr, couplée à leur fort effet carboné stimulant l'activité microbienne, pourrait servir à favoriser l'incorporation du nitrate dans la biomasse microbienne, prévenant ainsi sa perte en automne et permettant son relâchement par minéralisation au printemps. L'application conjointe de Gr avec certaines proportions d'engrais minéraux pourrait aussi être testée s'il devenait trop coûteux ou impossible d'écouler les résidus autrement. Il se pourrait qu'un arrière-effet fertilisant de 2^e année, ou une amélioration de la santé microbienne des sols et du bilan carboné, viennent compenser la dépense en engrais. Il serait alors pertinent d'évaluer les changements de populations microbiennes et leurs effets sur les cultures subséquentes. Des essais plein champ sur les risques de transmission de maladies seraient aussi à faire. Pour la valorisation énergétique, l'utilisation de chaudières plus performantes ou le mélange avec le bois serait à explorer. Puisque la plupart des seuils fixés par la norme ASTM 7544 portant sur la qualité des huiles pyrolytiques sont respectés, il serait intéressant de réaliser d'autres travaux portant sur l'extraction de l'eau de l'huile, ou bien, sur la réduction de sa formation durant la pyrolyse.

Autrement, d'autres voies pourraient également être envisagées, tel que la filière de l'amidon et des matériaux biosourcés. Par exemple, la fabrication de films plastiques, d'emballages, de pièces plastiques, etc., représente une alternative environnementale au polyéthylène d'origine fossile. De plus, les bioplastiques sont biodégradables et dû au caractère résiduel des pommes de terre traitées, leur utilisation ne rentre pas en compétition avec l'alimentation humaine. L'exploration future de ces différentes voies sera cependant conditionnelle à la mise en place d'une chaîne de production plus intensive de Gr, laquelle pourrait être basée sur des paramètres établis dans le cadre de cette présente étude. De plus, trouver un procédé qui limiterait la perte du N vers la FL pour favoriser sa concentration dans les Gr, ou mieux encore, un procédé ne générant pas de FL (évaporation des liquides), permettrait de mieux valoriser les Gr dans les voies agronomique et alimentaire.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Christine Landry

Téléphone : 418-643-2380 poste 640

Courriel : christine.landry@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Section 4 - Activité de transfert et de diffusion scientifique (la documentation est jointe à l'annexe 2)

1. Brassard, P., J. H. Palacios, S. Godbout, C. Landry, J-P. Larouche, D. Zegan, P. Dubé et F. Pelletier. 2015. Converting downgraded potatoes into bio-oil by pyrolysis: reaction parameters for obtaining the highest yield and analysis of the bio-oil quality. 12th International Congress on Engineering and Food (ICEF12). Québec, QC, Canada.
2. Godbout, S., J. H. Palacios, P. Brassard, A. Marciniak, C. Landry, et J-P. Larouche. 2015. Downgraded Potatoes Pellets: Energetic Potential and Optimisation of the Raw Material Drying. CSBE/SCGAB 2015 Annual Conference. Edmonton, Alberta. 5-8 juillet
3. S. Godbout*, J.H. Palacios, P. Brassard, F. Pelletier, C. Landry and J-P. Larouche. 2016. Energetic Potential of Downgraded Potatoes. CIGR-AgEng Conference. Juin 26–29, 2016, Aarhus, Denmark

Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs (la documentation est jointe à l'annexe 3)

1. Présentation du projet sur la page Internet de l'IRDA (depuis avril 2014)
2. Présentation du projet dans *Agrosolutions Express* (avril 2014)
3. Démonstration scientifique à la ferme – Deschambault - août 2014
4. Description du projet au sein du Rapport d'activités scientifiques et de transfert (RAST) 2014
5. Article paru dans le Bulletin des Agriculteurs, janvier 2015
6. Présentation projet au C.A de l'IRDA. – Québec – 4 février 2015
7. Présentation (3 distinctes) de résultats préliminaires au du Symposium « Les résidus agricoles et agroalimentaires: une richesse inexploitée! » - Québec –19 novembre 2015
 - Volet fertilisation
 - Volet alimentation animale
 - Volet énergie
8. Présentation d'une affiche scientifique au Colloque sur la pomme de terre, Lévis, 20 novembre 2015
9. Description du projet au sein du Rapport d'activités scientifiques et de transfert (RAST) 2015
10. Exposition d'une affiche scientifique lors de *l'Assemblée de la catégorie des producteurs de pommes de terre aux fins de semences* - Hôtel Plaza, 2 février 2016
11. Présentation de résultats du projet lors de *l'Assemblée de la catégorie des producteurs de pommes de terre aux fins de semences*- Hotel Plaza, Québec – Volets fertilisation, innocuité et énergie - 14 février 2017

Section 6 – Grille de transfert des connaissances

1. Résultats Présentez les faits saillants (maximum de 3) des principaux résultats de votre projet.	2. Utilisateurs Pour les résultats identifiés, ciblez les utilisateurs qui bénéficieront des connaissances ou des produits provenant de votre recherche.	3. Message Concrètement, quel est le message qui devrait être retenu pour chacune des catégories d'utilisateurs identifiées? Présentez un message concret et vulgarisé. Quels sont les gains possibles en productivité, en rendement, en argent, etc.?	4. Cheminement des connaissances a) Une fois le projet terminé, outre les publications scientifiques, quelles sont les activités de transfert les mieux adaptées aux utilisateurs ciblés? (conférences, publications écrites, journées thématiques, formation, etc.) b) Selon vous, quelles pourraient être les étapes à privilégier en vue de maximiser l'adoption des résultats par les utilisateurs.
<p>La granulation est réalisable avec des appareils simples et une méthode peu coûteuse. Le Gr obtenu se conserve bien et est de bonne qualité.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6,2 x moins de volume requis pour l'entreposage. • 6x moins de poids sur le transport • Conservation long terme. • Gestion facilitée 	<ul style="list-style-type: none"> • Les industriels • Les producteurs de Pdt 	<ul style="list-style-type: none"> • Industries : il y a un marché à développer et des revenus peuvent être générés de la granulation. • Producteurs : la granulation leur fera faire des économies de frais d'entreposage, de gestion, de transport et de manutention. 	<ul style="list-style-type: none"> • Industriels : conférences et articles • Producteurs : conférences et démonstrations à la ferme. <p>Étapes à privilégier :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Développer une chaîne de production plus industrielle. • Mettre au point le procédé pour limiter la perte du N et autres éléments intéressants vers la FL ou, mieux encore, un procédé ne générant pas de FL.
<p>La meilleure des trois voies est celle de l'alimentation animale.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valeur glucidique de la Pdt fortement concentré dans les Gr, au point que sous sa forme granulée la Pdt peut se substituer au maïs-grain dans l'alimentation des bouvillons d'abattage. • Fort contenu en amidon des Gr pourrait remplacer une partie des antibiotiques chez le porcelet pour limiter la diarrhée lors du sevrage • Gr sans agent pathogène ni contamination (ETM) • Potentiel prébiotique (acides phénoliques – en majorité férulique) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les producteurs de Pdt • Les éleveurs de bétail • Les meuneries 	<ul style="list-style-type: none"> • Producteur. Pourrait voir un gain sur ses revenus car il peut vendre son granulé. • Pour les éleveurs, il en ressort une possible économie car il en a plus pour son argent (concentration des éléments dans le granule) et gain de productivité si l'effet probiotique aide à la santé des animaux. • Meuneries : revenus à prévoir. 	<p>Étapes à privilégier :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trouver une façon de conserver une plus grande part des protéines dans le Gr pour avoir une meilleure valeur ajoutée. • Faire des tests avec des animaux (en cours). • Voir si on ne pourrait pas valoriser la fraction liquide hautement protéinée.
<p>Les voies fertilisantes et énergétiques sont moins pertinentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bon carbone activateur et bonne disponibilité du K. Par contre, débalancement cationique (K vs Ca et Mg) et immobilisation transitoire de l'azote. • Performance énergétique des Gr similaire et presque aussi bonne que celle des Gr de bois. Peut substituer une partie du bois, mais trop de mâchefers, de cendres et de particules pour être utilisés seuls en combustion. • Possible de produire de l'huile par pyrolyse. Mais potentiel énergétique trop faible à cause du fort contenu en d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisateurs de biomasse pour chauffage (ex. production serricole). • Producteurs en grandes cultures pour la source de carbone. • Producteurs de Pdt 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisateurs de biomasse : procure une économie de coûts et une diminution de l'empreinte environnementale en brûlant un rejet plutôt que brûler du bois ou un combustible fossile (p. ex. du mazout). • Pour les producteurs de grandes cultures, gain environnemental car il récupère du carbone pour son sol et active la productivité de ses champ pour le long terme. • Producteur Pdt : économie de coûts s'il s'en sert pour chauffer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Des travaux pour vérifier comment réagirait au champ un granule avec plus d'N. • Déterminer d'autres moments d'application (automne) pour profiter de l'effet bénéfique du C sans être pénalisé par la phase d'immobilisation du N. Étudier l'application conjointe de Gr et d'engrais organiques à l'automne pour entraîner la rétention du nitrate dans les MOG et son relâchement la saison suivante. • Remédier à la production d'eau durant la pyrolyse (ex. au moyen d'un catalyseur) ainsi que le problème de mâchefer à la combustion (ex. prétraitement des Pdt pour réduire leurs teneurs en K et en cendres). • Évaluer les autres voies de valorisation identifiées : la filière de l'amidon et des matériaux biosourcés.

Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées

Gabriel Lacoursière de l'entreprise Granulart a contribué en temps en conseillant l'équipe dans les paramètres de texture et matière sèche à atteindre pour favoriser une bonne granulation lors de diverses séances de consultation. Il a également apporté son expertise pour le fonctionnement du granulateur. Cette nouvelle participation de l'industrie a été rendue possible lors de l'acquisition du granulateur par le l'équipe d'ingénierie du LEAD.

Les fermes David et Richard Blais inc. de l'île d'Orléans – Claude-Olivier Blais – Le producteur a collaboré par son expertise (consultation) et son temps mis à l'ensachage des Pdt déclassées. Il a aussi contribué en fournissant les Pdt.

Biopterre – La compagnie a collaboré en temps par son expertise pour l'utilisation du boyeur Stephan UM 80 pendant toute la durée du projet.

Casa Breton – Jean-Paul Breton- Le producteur a collaboré en temps par son expertise pour l'utilisation du presseur Speidel HP 180.

Section 8 - Rapport scientifique et/ou technique (format libre réalisé selon les normes propres au domaine d'étude)

Voir en pièce jointe.

Annexe 1

Tableau 1. Bilan massique des différentes fractions issues du procédé conduisant à la granulation.

Pdt	Bouillie (Br)			Fraction Solide (FS)			FL	FS sèche (FSs)			Granules (GR)			Taux de conversion			
	MF	MF	MS ³	MF	MS	MF	MF	MF	MS	MF	MS	MF	MS	Pdt à Br	Br à FL	FSs à Gr	Pdt à Gr
	Kg	Kg	%	Kg	%	Kg	kg	Kg	%	Kg	Kg	%	Kg	%	%	%	%
146	135	23	30	48	50	24	87	26	88	22	24	90	22	93	65	95	17

Tableau 2. Principaux paramètres agronomiques des diverses fractions (B.F.) (kg/t ou mg/L) sur base telle qu'épandue.

Éléments	Bouillie fraîche (Br)	Fraction liquide (FL)	Fraction solide (FS)	Fraction solide séchée (FSs)	Granules (GR)
M.S. (%)	21,06	4,93	52,46	85,31	89,73
pH	5,10	5,39	5,03	4,94	5,02
M.O.	197,43	31,34	510,51	830,73	874,24
C _{tot}	80,74	.	206,59	329,77	357,23
C _{Organique} (2.00)	98,74	15,68	255,39	415,35	437,19
C _{Organique soluble}	12,20	20,73	6,88	15,05	69,91
C _{inorganique soluble}	0,03	0,17	0,54	0,01	0,003
C.O _{soluble} /C.O.	0,12	1,34	0,03	0,04	0,161
Cendres (%)	1,35	1,36	2,25	2,31	1,79
N _{total}	2,88	.	2,90	5,26	5,44
N _{total} Kejdhal	3,51	3,85	2,98	5,11	5,45
N _{soluble}	2,13	3,70	0,98	2,40	2,32
N _{organique}	3,26	3,52	2,71	4,66	4,99
N-NH ₄	0,25	0,33	0,26	0,45	0,46
N-NH ₄ soluble	0,09	0,39	0,09	0,22	0,25
N-NO ₃	0,02	0,02	0,002	0,002	0,006
P _{total}	0,47	0,42	0,50	0,96	1,01
P _{soluble}	0,29	0,40	0,11	0,28	0,35
P _{soluble} (P-PO ₄)	0,26	0,33	0,12	0,28	0,30
K _{total}	4,65	5,27	3,55	6,16	6,44
K _{soluble}	4,08	5,53	2,63	4,41	4,16
Ca _{total}	0,074	0,055	0,109	0,189	0,212
Ca _{soluble}	0,013	0,034	0,028	0,009	0,013
Mg _{total}	0,25	0,29	0,19	0,33	0,36
Mg _{soluble}	0,16	0,28	0,03	0,06	0,08
Na _{total}	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03
Na _{soluble}	0,002	0,003	0,002	0,003	0,004
Al _{total}	0,14	0,04	303,78	464,14	491,34
B _{total}	4,51	2,40	0,01	0,01	0,01
Cu _{total}	0,002	0,001	0,003	0,004	0,005
Fe _{total}	0,09	0,03	0,19	0,30	0,33
Mn _{total}	0,004	0,003	0,005	0,01	0,01
Zn _{total}	5,47	6,15	5,11	8,56	10,70

Tableau 3. Valeur alimentaire des fractions de Pdt, du maïs et du taux maximum tolérables.

Nutriments	Bouillie	Fraction liquide	Granule	Pdt entière	Maïs	Maximum
% (b.s.)						
Matière sèche	18,2	5,1	90,5	.	.	.
Protéine (Nx6.25)	9,2	47,8	3,6	.	.	.
Lipides	0,2	0,44	0,3	.	.	.
Amidon	65,1	3,23	74,7	.	.	.
UNT rum	.	.	89,1	82,0	85,0	.
Calcium (Ca)	.	.	0,02	.	.	1,5
Phosphore (P)	.	.	0,1	.	.	0,7
Magnésium (Mg)	.	.	0,04	.	.	0,6
Potassium (K)	.	.	0,65	.	.	2,0
mg/kg (b.s.)						
Cuivre	.	.	4,6	.	.	40
Fer	.	.	304	.	.	500
Zinc	.	.	10,8	.	.	500

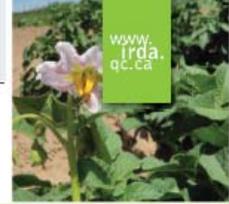
Tableau 4. Caractéristiques des tests de combustion des granules.

Biomasse		Granules de bois	Granules de Pdt
Test	Période considérée	Moyenne	Moyenne
Durée (h)	Totale Stable	4,9 1,8	4,8 2,6
Biomasse brûlée (kg)	Totale Stable	21,1 7,9	30,0 18,7
Taux de combustion (kg/h)	Totale Stable	4,3 4,3	6,1 7,6
Température moy. dans la chambre de combustion (°C)	Stable	743	681
Puissance moy. de la biomasse brûlée (kW/30 s)	Stable	32,9	31,6
Puissance utile moy. transmise à l'eau (kW/30 s)	Stable	14,9	15,8
Efficacité (%)	Stable	56,4	50,2

Tableau 5. Seuils de la norme ASTM D7544 et caractéristiques de l'huile pyrolytique des granules de Pdt et du bois.

	Teneur en eau	pH	Teneur en solides	Pouvoir calorifique supérieur	Densité à 20 °C	Soufre	Cendres	Point d'éclaire
	(%)	-	(%)	(MJ/kg)	(g/ml)	(%)	(%)	(°C)
Seuil de la norme ASTM D7544	≤ 30	Rapporter	≤ 2,5	≥ 15	1,1 – 1,3	≤ 0,05	≤ 0,25	≥ 45
Biohuile de Pdt	61,4	2,59	0,097	7,3	1,08	103	< 0,01	102
Biohuile de bois	28,1	1,98	0,02	14,7	1,18	24,1	< 0,01	104

1- Affiche scientifique - Converting downgraded potatoes into bio-oil by pyrolysis: reaction parameters for obtaining the highest yield and analysis of the bio-oil quality



CONVERTING DOWNGRADED POTATOES INTO BIO-OIL BY PYROLYSIS: REACTION PARAMETERS FOR OBTAINING THE HIGHEST YIELD AND ANALYSIS OF THE BIO-OIL QUALITY

PATRICK BRASSARD¹, JOAHNIN H. PALACIOS¹, STÉPHANE GOUBOUT¹, CHRISTINE LANDRY¹, JEAN-PIERRE LAROUCHE¹, DAN ZEGANI¹, PATRICK DUBÉ¹ AND FRÉDÉRIC PELLETIER¹

INTRODUCTION

Downgraded fruits and vegetables that cannot be sold on the market generate large quantities of residues. In Quebec (Canada), the amount of these residues is about 83 350 tons year⁻¹, including 66 030 tons of potatoes. Currently, most of these products (70% of potatoes residues) are disposed in clusters or buried in fields (MARAQ, 2013), causing greenhouse gases emissions and both underground and surface water pollution.

As a new policy in the province of Quebec (Canada) will ban this practice, the agricultural sector needs to find new and sustainable ways for managing the organic residues.

The development of pyrolysis system to recover the energy from vegetal residues is booming. Pyrolysis, which can be defined as the thermochemical decomposition of biomass at elevated temperature (350-700 °C) in the absence of oxygen, produces a solid biochar, a liquid bio-oil, and non-condensable gas. Due to its energetic potential and chemical composition, bio-oil can be suitable for replacing heavy fuel oil in heating systems (Lentini et al., 2013).

OBJECTIVES

- The possibility of producing bio-oil from downgraded potatoes (*Solanum tuberosum*) in an auger pyrolyser was evaluated. The specific objectives were:
 - To find the optimal pyrolysis operational parameters in order to produce a maximum yield of bio-oil.
 - To evaluate the quality of the bio-oil and to compare its characteristics to the standard requirements (ASTM D7544-09) for pyrolysis liquid biofuels.

MATERIAL AND METHODS

FEEDSTOCK

Pellets made from dried downgraded potatoes were grinded to a particle size of 1-3.7 mm and chemical composition was analysed in laboratory.

PYROLYSIS UNIT

A vertical auger pyrolyser was designed by the Research and development institute for the agri-environment (IRDA) and the Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ). A patent is pending for this technology (Verma et al., 2013). The pyrolysis unit (figure 1) includes:

- a hopper
 - a tight fitting inserted in the hopper's lid in order to supply N₂ into the system
 - an auger screw in a 65.4 mm diameter tube passing through the reaction chamber, consisting in a 65.4 mm long copper bloc heated with two heating elements (2 x 1,500 Watts)
 - a canister for the biochar recovery, heated at 600 °C in order to avoid condensation of pyrolytic vapors
- The pyrolytic vapors are evacuated through a 16.7 mm diameter flange in the upper part of the canister. The condensation system (Figure 2) includes three stages:
- Stage 1 (B1): A glass flask at ambient temperature
 - Stage 2 (B2): An impinger immersed in an ice bath at 0 °C
 - Stage 3 (B3): A second impinger immersed in CO₂ dry ice cooled acetone maintained at -80 to -30 °C

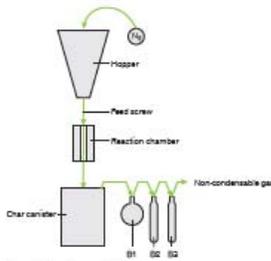


Figure 1 - Schematic view of the pyrolysis unit



Figure 2 - Condensation system

EXPERIMENTAL DESIGN

For each trial, 0.5 kg of feedstock was pyrolysed. A full factorial experiment was performed at four temperatures and two solid residence times, while the other operational parameters were kept constant:

- Reaction chamber temperature: 485, 500, 575 and 650 °C
- Solid residence time in the reaction chamber: 45 and 60 seconds
- Feedstock flow rate: 0.5 kg h⁻¹
- N₂ flowrate: 5 L min⁻¹

YIELDS OF THE PYROLYSIS PRODUCTS

Bio-oil (Eq. 1) and biochar (Eq. 2) yields were calculated on a wet biomass basis and gas (Eq. 3) yield was calculated by difference according to the following equations:

$$Yield_{bio-oil} (wt. \%) = \frac{m_{bio-oil}}{m_f} \times 100 \quad (Eq. 1)$$

$$Yield_{biochar} (wt. \%) = \frac{m_{biochar}}{m_f} \times 100 \quad (Eq. 2)$$

$$Yield_{gas} (wt. \%) = \frac{m_f - m_{biochar} - m_{bio-oil}}{m_f} \times 100 \quad (Eq. 3)$$

Where m_{bio-oil} is the mass of bio-oil collected in the glass flask, m_{bio} is the mass of bio-oil collected in the first impinger, m_{bio2} is the mass of bio-oil collected in the second impinger, m_{biochar} is the mass of biochar collected in the canister and m_f is the mass of feedstock pyrolysed.

PRODUCTS ANALYSIS

The second fraction of bio-oil (collected in the first impinger) was analysed in laboratory for water content (Karl-Fischer analysis) and pyrolysis solids content for the 8 pyrolysis trials. Higher heating value (HHV) and water content of third stage bio-oil were measured for one sample. The analysis methods used are presented in the ASTM D7544-09 standard.

One Biochar sample was analyzed for moisture, volatile matter and ash contents based on ASTM D1762-84 standard.

RESULTS AND DISCUSSION

FEEDSTOCK

Table 1 - Physico-chemical properties of dried downgraded potatoes

C _d (%)	H (%)	O (%)	N (%)	ppm	Moisture (%)	Ash (700 °C) (%)	HHV (MJ/kg)
38.7	6.21	51.7	0.469	445	8.99	1.80	14.7

YIELDS OF THE PYROLYSIS PRODUCTS

- Pyrolysis of dried downgraded potatoes produced a maximum bio-oil yield of 50% obtained at 500 °C, with a solid residence time of 45 seconds. In these conditions, biochar and non-condensable gas yields were 23% and 69%, respectively (Figure 3).
- Above 500 °C, when the temperature is increased, bio-oil yield tends to decrease.
- Bio-oil quantity collected at the first condensation stage was negligible, as the most bio-oil was collected at the second stage (91% of total bio-oil, on average).

REFERENCES

ASTM (American Society for Testing and Materials). (2013). D7544-09 Standard Test Method for Liquid Biofuels Produced by Pyrolysis of Wood Residues. 9 pages.
 CRIQ (Centre de recherche industrielle du Québec). (2013). D7544-09 Standard Test Method for Liquid Biofuels Produced by Pyrolysis of Wood Residues. 9 pages.
 Landry, C., Charbon, A., Deschênes, T., Pélissier, M., Pelletier, F., Dubé, P., Brassard, P., Zegani, D., Goubout, S., Gosselin, J., et al. (2013). A vertical auger pyrolysis system for the conversion of agricultural residues into bio-oil and biochar. *Energy*, 54, 103-112.
 Verma, M., S. Ghosh, G. S. Ghosh, G. S. Ghosh, J. P. Ghosh, and P. Ghosh. (2013). System and process for thermochemical conversion of waste wood into liquid bio-oil and biochar. *Energy*, 54, 103-112.
 Yang, J., X. Lu, J. Yang, D. Zhang, S. He, H. Zhang, and Y. Liu. (2013). Preparation and Reaction of Biochar from Waste Wood Using a Catalytic Pyrolysis System. *Energy*, 54, 103-112.

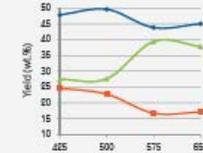


Figure 3 - Potatoes pyrolysis products yields (45 sec. solid residence time)

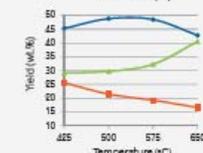


Figure 4 - Potatoes pyrolysis products yields (60 sec. solid residence time)

PRODUCTS ANALYSIS

- Bio-oil water content at second condensation stage varied between 61.4 and 76.4%, was the lowest at 485 °C and increased as pyrolysis temperature was increased.
- Bio-oil at third condensation stage was found to have a high water content (75.7%).
- The mass balance on ashes closed. All ashes in feedstock were found in biochar (pyrolysis conditions: 485 °C and 45 sec.; Tables 1 and 3).

Table 2 - Analysis of bio-oil in first impinger (B2)

Temperature (°C)	Res. Time (seconds)	Bio-oil characteristics		
		Water content (wt.%)	Solids content (wt.%)	HHV (MJ/kg)
485	45	61.4	0.097	9
500	45	63.9	0.063	
575	45	69.2	0.006	
650	45	71.8	0.015	
485	60	63.3	0.011	
500	60	63.7	0.037	
575	60	67.5	0.348	
650	60	76.4	0.002	
Standard requirements		30.0 max	2.5 max	

Table 3 - Biochar proximate analysis (wt%). Pyrolysis at 485 °C and 45 sec. residence time

Moisture	Volatile matter	Ash (700 °C)
1.53	25.66	7.63

CONCLUSION

- It is possible to produce bio-oil from the pyrolysis of downgraded potatoes in an auger reactor. Bio-oil of better quality (with a minimum water content of 61.4%) was produced at 485 °C with a solid residence time of 45 seconds.
- Bio-oil produced from downgraded potatoes does not have a great potential to be used directly as an alternative fuel because of its high water content. Bio-oil has to be treated in order to decrease its water content.
- Bio-oil should be analysed for other parameters (viscosity, pH, pour point, sulfur content) in order to verify compliance with ASTM D7544-09 Standard.
- Further research studies are needed in order to evaluate bio-oil and heavy fuel oil blendings, and to evaluate the combustion efficiency in heating systems.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank MRCQ and REA for the financial contribution through the innovation program. Thanks are also addressed to the partners from IRDA and McGill University who enabled the realization of this study.



2-Article scientifique

The Canadian Society for Bioengineering
The Canadian society for engineering in agricultural, food,
environmental, and biological systems



La Société Canadienne de Génie
Agricole et de Bioingénierie
La société canadienne de génie agricole, de
la bioingénierie et de l'environnement

Paper No. CSBE15-067

Downgraded Potatoes Pellets: Energetic Potential and Optimisation of the Raw Material Drying

Stéphane Godbout, Joahn H. Palacios, Patrick Brassard, Alice Marciak, Christine Landry,
Jean-Pierre Larouche.

Research and Development Institute for the Agri-Environment (IRDA), 2700 Einstein Street, Quebec
City, Quebec, Canada, G1P 3V8. Email of corresponding author: stephane.godbout@irda.qc.ca

Sébastien Fournel

Department of Chemical and Biotechnological Engineering, Université de Sherbrooke, 2500
Université Boulevard, Sherbrooke, Quebec, Canada, J1K 2R1

Written for presentation at the
CSBE/SCGAB 2015 Annual Conference
Delta Edmonton South Hotel, Edmonton, Alberta
5-8 July 2015

ABSTRACT In developed countries, to support the demand, farmers have to produce a large quantity of high quality food. Primarily due to an improper storage, large quantities of agricultural products are downgraded and not commercialized. Indeed, in farms in the province of Quebec, 66,000 t year⁻¹ of potatoes are wasted. Quebec policy regarding waste matter management suggests a reduction of the volume of residues at the source. These residues can be exploited if they are conditioned suitably. Otherwise, an inefficient management can cause pollution and pathogen risks. The objectives of this study are to: 1) evaluate the energetic potential of downgraded potatoes pellets in combustion and pyrolysis processes; and 2) study a new method of drying the raw material by dehydration by successive pressure drops (DSPD) treatment in such a way that it could be inserted within a transformation chain. Pyrolysis reactions of downgraded potatoes pellets produced satisfactorily bio-oil. However, the water content in bio-oils was very high (51.4 – 76.4%) thereby limiting the higher heating value (9 MJ kg⁻¹). Consequently, bio-oil would have to be treated to decrease water content. Analysis showed that pellets had a good potential as fuel for combustion purposes. However, the calorific value (14.7 MJ kg⁻¹) was slightly below than recommended by the literature (16.28 MJ kg⁻¹). The DSPD treatment demonstrated a good potential for drying downgraded potatoes in order to avoid production and treatment costs of significant amounts of residual liquids obtained during water extraction of potatoes encouraging the application of this technology.

Papers presented before CSBE/SCGAB meetings are considered the property of the Society. In general, the Society reserves the right of first publication of such papers, in complete form, however, CSBE/SCGAB has no objection to publication, in condensed form, with credit to the Society and the author, in other publications prior to use in Society publications. Permission to publish a paper in full may be requested from the CSBE/SCGAB Secretary, Department of Biosystems Engineering, 62-374 67^e Rue, 75A, Chasselas Collé, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canada R2T 2T6, bioeng@inter.umanitoba.ca. The Society is not responsible for statements or opinions advanced in papers or discussions at its meetings.

CSBE/SCGAB conference

Jan. 26-29, 2016, Aarhus, Denmark

Energetic Potential of Downgraded Potatoes

S. Godbout¹, J.H. Palacios, P. Brassard, F. Pelletier, C. Landry and J.-P. Larouche

¹IRDA - Research and Development Institute for the Agri-Environment, Quebec City, Quebec G1P3V8, Canada

* Corresponding author. Email: stephane.godbout@irda.qc.ca

Abstract

In developing countries, to support the demand, the producers have to produce a large quantity and high quality food. Due to the consumer standards, large quantities of agricultural food products are downgraded and not commercialized. Indeed, in Quebec (Canada) 66 000 t/year of potatoes residues are wasted. Quebec policy regarding waste matter management suggests a recovery of farming residues. Those residues could be exploited if they are conditioned suitably. However, a bad management can cause pollution and pathogen risks. The objective of this study was to evaluate the potential use of dried and pelleted downgraded potatoes as energy source in combustion and pyrolysis processes. The material showed an adequate calorific value (14.7 MJ kg⁻¹) and humidity content (16.4%), indicating a good potential to feed biomass combustion appliances. Moreover, low corrosion and low NO_x and SO_x emissions are expected. However, a risk of chlorine production was identified. Combustion tests in a real furnace corroborate such results. On the other hand, it was possible to produce pyrolysis bio-oil from the downgraded potatoes. However, water content into bio-oil was very high. It must be treated before use as a carburant. In all tests, wood was used as the control material.

Keywords: agri-food residual matter, combustion, pyrolysis, bioenergy, environmental management of wet residues.

1. Introduction

According to the Food and Agriculture Organization (FAO), almost one third of the world food production is wasted or lost at any time during the delivery process. Food products are usually downgraded by aesthetic issues, improper storage, abundant supply, injuries, or diseases (FAO, 2013; Jónsdóttir, 2013). Efforts should be devoted to the reduction of such losses. However, the waste generated must be disposed properly in order to avoid impacts on the environment and human health. Indeed, an inefficient management of farming residues can cause loss of contamination and accelerate the deterioration process (FAO, 2014).

In Quebec province, Canada, about 66,000 t/year of potatoes are downgraded and become a farm waste (MAPAQ, 2013). While 30% is recovered and treated for animal feeding, the remaining 70% is sent to landfills. However, due to the consequences of this practice on the environment and human health (acidification of the soil, leachate and odors emissions, leachate and contaminated runoff) (Green, 2009; Recyc-Québec, 2010), Québec introduced a policy regarding waste matter management, imposing the banishment of organic matter waste burial in landfills from 2020 (Green, 2012; Forcier et al., 2013). Consequently, the agricultural sector needs to find new and sustainable ways for managing and add value to its wastes.

Energetic valorization is a management way expected to have great environmental benefits when the whole value chain runs with the best practices. The objective of this study was to evaluate the potential use of dried downgraded potatoes as energy source in two biomass-to-energy processes: combustion and pyrolysis. Quality of the feedstock and products (i.e. pellets and bio-oil) was estimated by comparing their characteristics to the studied requirements.

Despite combustion is one of the most known and mastered biomass conversion techniques, it is still subject of research when it comes to use biomass other than wood. Wood is a natural having physicochemical characteristics suitable for combustion systems, but often this is not the case for other biomasses. Consequently, both technical and environmental problems arise. On one hand, pollutant emissions can cause damages on human health and on the environment, and on the other hand, operational problems such as fouling, slagging and corrosion may occur. When compared to wood, agricultural biomasses usually contain less carbon (C) and hydrogen (H), and more ashes and

Annexe 3

1- Présentation du projet sur la page Internet de l'IRDA (depuis avril 2014).

<https://www.irda.qc.ca/fr/projets/evaluation-du-potentiel-de-valorisation-de-residus-granules-de-pommes-de-terre-a-la-ferme-pour-les-filières-alimentation-animale-fertilisation-et-energie/>



RECHERCHER PAR MOTS CLÉS GO AIDE EMPLOI MÉDIAS CONTACT SECTION EMPLOYÉS ENGLISH

irda INSTITUT DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN AGROENVIRONNEMENT

Emploi À propos Équipe Recherche Développement Diffusion Outils et services

ÉVALUATION DU POTENTIEL DE VALORISATION DE RÉSIDUS GRANULÉS DE POMMES DE TERRE À LA FERME POUR LES FILIÈRES ALIMENTATION ANIMALE, FERTILISATION ET ÉNERGIE.

Durée : 2014-2017

Secteur : Recyclage des résidus

Chercheuse : Christine Landry

Rôle dans le projet : Requérant

Partenaires : Innov'Action, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada



Description

Selon l'étude 2007 d'AGECO sur les préoccupations du secteur maraîcher, 80% des producteurs gèrent des résidus post-récolte et 38% sont énormément préoccupés par les normes environnementales liées à leur gestion. Les producteurs de pomme de terre ne font pas exception. La gestion de leur résidus est d'autant plus problématique que les quantités sont de loin les plus importantes (65 000 t/an). De plus, leur teneur en eau empêche leur compostage et des risques environnementaux et phytosanitaires élevés sont liés à leur accumulation. Leur gestion constitue donc un défi qui s'amplifiera avec l'application de la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles. Une pression sera haussée sur le milieu agricole pour recevoir des résidus externes qui viendront concurrencer ceux de la ferme. Il est donc prioritaire que les résidus de pommes de terre soient bien positionnés sur le marché des matières organiques. Pour ce faire, les résidus doivent être transformés, par un procédé peu coûteux et accessible, en un produit facile d'entreposage, de transport et de manutention auquel une valeur (nutritionnelle, fertilisante ou énergétique) aura été

2- Présentation du projet dans *Agrosolutions Express* (avril 2014).

<http://irda.createand4.com/t/ViewEmail/t/3132E22E68996117/ABF4B800789A87192540EF23F30FEDED>

Impact agronomique et économique des légumineuses dans les rotations agricoles

Maintenant disponible en anglais: [Comparison and Evaluation of Irrigation Management Tools](#)

Fiches synthèse

[Comparaison et évaluation d'outils de gestion de l'irrigation](#)



[phytosanitaires à impact environnemental réduit pour lutter contre les maladies du pommier](#)



[Optimisation de la date d'épandage du lisier de porc pour améliorer le rendement des cultures et protéger la qualité du sol, de l'eau et de l'air](#)



[Évaluation du potentiel de valorisation de résidus granulés de pommes de terre à la ferme pour les filières alimentation animale, fertilisation et énergie.](#)



[Valorisation de résidus agricoles par conversion thermo-chimique afin de produire un combustible destiné aux systèmes de chauffage au mazout no. 2 actuellement en place dans les entreprises serricoles](#)

3- Démonstration scientifique à la ferme

VALORISATION SOUS FORME GRANULÉE DES BIOMASSES VÉGÉTALES AGRICOLES POUR LES FILIÈRES ALIMENTATION ANIMALE, FERTILISATION ET ÉNERGIE.

OBJECTIF DE LA GRANULATION :

La granulation de résidus agroalimentaires permet de concentrer les éléments intéressants dans un granule stable. Elle facilite également leur entreposage, leur conservation, leur transport et leur manutention, ce qui augmente leur versatilité comme intrant dans les diverses filières possibles.

ÉTAPE 1
Arrivage des légumes déclassés.
Rincage grossier.



ÉTAPE 2
Broyage au moyen d'un broyeur semi-industriel.



ÉTAPE 3
Extraction du liquide au moyen d'un presseur pneumatique.



ÉTAPES 4 et 5
Broyage de la fraction solide pressée. Séchage.



ÉTAPE 6
Granulation.











irda INSTITUT DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN AGROENVIRONNEMENT

FILIÈRES

- ALIMENTATION ANIMALE
- Fertilisant/amendement
- Énergie (combustion/pyrolyse)

RÉFÉRENCES

Martin, D.Y., Landry, C. et Lafresn, J.-P. 2014. Valorisation de résidus végétaux agricoles vers le secteur de l'alimentation animale.

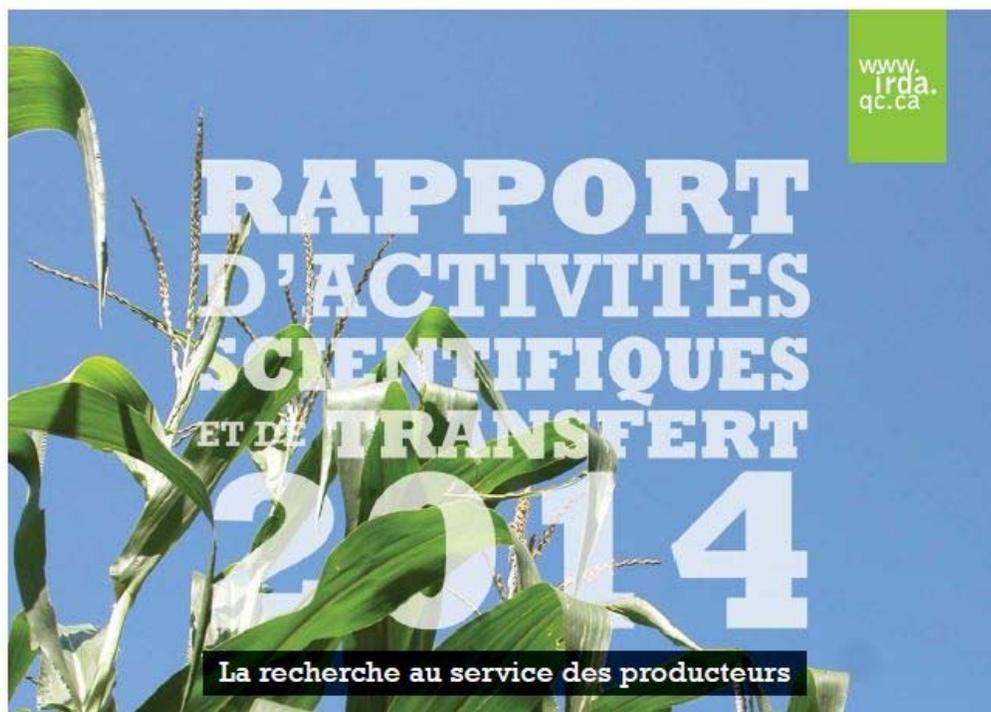
Ce rapport final est disponible sur le site internet de l'IRDA.



www.irda.qc.ca



4- Parution du projet au sein du RAST 2014



Recyclage des résidus

PROJET	OBJECTIFS	PARTENAIRES
<p>Évaluation du potentiel de valorisation de résidus granulés de pommes de terre à la ferme pour les filières alimentation animale, fertilisation et énergie (2014-2017)</p> <p>CHRISTINE LANDRY</p>	<ul style="list-style-type: none"> Faciliter la conservation et l'usage des résidus de pomme de terre par leur granulation et promouvoir la valorisation de la fraction solide granulée par l'identification de sa salubrité et de ses propriétés nutritionnelles, fertilisantes ou énergétiques et de la fraction liquide par sa caractérisation agronomique. Réaliser une analyse économique de substitution de produits concurrents selon les différentes voies de valorisation explorées. 	<p>MAPAQ – Innov'Action*</p>
<p>Mise au point d'une alternative</p>	<ul style="list-style-type: none"> Mettre au point une alternative au compostage 	

5- Article paru au sein du Bulletin des Agriculteurs, janvier 2015.



DES SOLUTIONS POUR LES RÉSIDUS DE POMME DE TERRE

Parmi tous les producteurs maraichers du Québec, c'est sans doute les producteurs de pommes de terre qui doivent gérer les quantités les plus importantes de résidus (65 000 tonnes par an).

Selon l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), la situation est d'autant plus problématique que l'eau contenue dans la pomme de terre empêche leur compostage et que leur accumulation comporte des risques environnementaux et phytosanitaires.

« Une des seules solutions disponibles en ce moment est l'envoi des résidus chez les producteurs de bovins de boucherie, plus spécifiquement dans les parcs d'engraissement. Toutefois, ceux-ci doivent résider à courte distance et il demeure que les producteurs de pommes de terre ne reçoivent aucune rétribution pour ces résidus », mentionne Christine Landry, chercheuse à l'IRDA.

Cette pression ne risque pas de diminuer, surtout avec la mise en application de la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles qui prévoit leur bannissement complet des sites d'enfouissement d'ici 2020. « Ce règlement ne touche pas uniquement les agriculteurs. Il fait en sorte que l'offre de résidus organiques va exploser. De nouveaux produits provenant des industries et commerces vont entrer en compétition avec les produits des producteurs, accentuant la pression. C'est sans compter aussi sur le fait qu'on va demander aux producteurs de devenir des receveurs », prévoit Christine Landry.

Autant de raisons pour que l'IRDA démarre la roue et tente de trouver des solutions de valorisation. « On ne fait pas des recherches pour faire des recherches. Il faut savoir si ça vaut quelque chose et quelles sont les avenues possibles. »

Pour ce faire, elle travaille actuellement sur un projet d'une durée de trois ans (2014 à 2017) qui vise à répondre à plusieurs objectifs. « On veut faciliter la conservation et l'usage des résidus de pommes de terre en les transformant en granulés. Ensuite, on veut connaître leurs propriétés nutritionnelles pour l'alimentation animale, leur valeur pour l'épandage au champ, la possibilité de valorisation énergétique et même la conception de bioproduits. Les résidus liquides seront analysés du point de vue agronomique », mentionne Christine Landry.

L'IRDA procédera également à une analyse économique, selon les différentes voies de valorisation explorées. Au final, l'IRDA souhaite proposer une technique simple, peu coûteuse et accessible produisant un nouveau produit versatile dans ses usages et facile de manipulation et d'entreposage. « L'impact sera grand à cause du nombre de fermes (environ 700) et de la quantité de résidus. La compétitivité des entreprises sera haussée, car on développe de nouveaux marchés et on réduit les coûts d'entreposage et de transport des résidus. »

ÉTAPES DE LA GRANULATION

- Arrivage des légumes déclassés. Rincage grossier.
- Étape 2: Broyage au moyen d'un broyeur semi-industriel.
- Étape 3: Extraction du liquide au moyen d'un presseur pneumatique.
- Étapes 4 et 5: Broyage de la fraction solide pressée. Séchage.
- Étape 6: Granulation.

Objectif de la granulation: La granulation de résidus agroalimentaires permet de concentrer les éléments intéressants dans un granulé stable. Elle facilite également leur entreposage, leur conservation, leur transport et leur manipulation, ce qui augmente leur versatilité comme intrant dans les diverses filières possibles.

Source: Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

6- Présentation du projet au CA de l'IRDA – février 2015

7- Présentation de résultats préliminaires au Symposium « Les résidus agricoles et agroalimentaires: une richesse inexploitée! » - Québec – 19 novembre 2015

<http://www.aiaq.qc.ca/en/events/evenements-passes/285-symposium-les-residus-agricoles-et-agroalimentaires-une-richeesse-inexploitee>

Programme de l'événement en ligne : http://aiaq.qc.ca/images/docs/Symposium-19nov2015-final_SG.pdf

The screenshot shows the website of the Association des ingénieurs en agroalimentaire du Québec (AIAQ). The page is in French and features a navigation menu with options like 'ATAQ', 'NEWSLETTER', 'EVENTS', 'PROJECTS', 'MEMBERS', and 'CONTACT'. The main content area is titled 'Événements passés' and highlights a symposium. The symposium title is 'Symposium: « Les résidus agricoles et agroalimentaires: une richesse inexploitée! »'. It is categorized under 'Événements passés'. The event details include the date 'Jeudi le 19 novembre 2015', the time '9h00', and the location 'Complexe scientifique (IRDA), Salle E.RC.220, 2700 rue Einstein, Québec, (Québec) G1P 3W8'. The page also features logos for IRDA (Institut de recherche et de développement en agroenvironnement) and AIAQ. A sidebar on the left lists 'ASSEMBLÉES GÉNÉRALES' and 'ÉVÉNEMENTS PASSÉS' with various dates and topics.

Symposium

Les résidus agricoles et agroalimentaires : une richesse inexploitée!

Date :	Jeudi le 19 novembre 2015
Heure :	8 h 30 à 17 h
Lieu:	Complexe scientifique (IRDA) Salle E.RC.220 2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8
Coût :	Membre régulier AIAQ : 40\$ Membre étudiant AIAQ : 10\$ Non-membre : 60\$ Non-membre étudiant : 20\$

Programme

- 8 h 30** **Accueil des participants**
- 9 h** **Mot de bienvenue**
Sébastien Fournel, ing. jr, Ph.D., président, AIAQ
Stéphane P. Lemay, ing., Ph.D., directeur scientifique, IRDA
- 9 h 15** **Défis et solutions pour répondre à la demande énergétique et alimentaire du futur**
Lorie Hamelin, assistant professor, Dep. of Chemical Engineering, Biotechnology and Environmental Technology, Southern Denmark University
- 10 h** **Contexte de la gestion des résidus agricoles et agroalimentaires**
Frédéric Pelletier, ing., M.Sc., professionnel de recherche, IRDA
Denis Potvin, agr., chargé de projet, IRDA
- 10 h 30** **Pause**
- 10 h 45** **Mieux définir les besoins pour favoriser le recyclage : entre concertation et action**
Geneviève Dussault et Rémi Carrier, agents de recherche et de planification, Recyc-Québec
- 11 h 05** **Hybrid concepts, including micro-wave drying, for product development**
Vijaya Raghavan, professor and graduate program director, Department of Bioresource Engineering, McGill University
Nora Salina Md Salim, graduate student, McGill University
- 11 h 25** **La granulation : un outil flexible de valorisation des résidus**
Sébastien Fournel, ing. jr., Ph.D., chercheur postdoctoral, INRS

-
- 11 h 45** Dîner (fourni sur place)
- 13 h 15** Présentations en rafale : la science au rendez-vous de la valorisation des résidus agricoles et agroalimentaires
- La deuxième vie des déchets fromagers**
Angela Maria Trivino, étudiante à la maîtrise, Université Laval.
- Application de la déshydratation par détentes successives sur les biomasses agricoles : résultats préliminaires**
Alice Marciniak, étudiante au doctorat, Université Laval.
- Valorisation des résidus par pyrolyse :**
- **Les biocharbons en agriculture**
Patrick Brassard, ing. jr, M. Sc., étudiant au doctorat, Université McGill
 - **Potentiel énergétique des huiles pyrolytiques**
Salha Elcadhi, étudiante à la maîtrise, ETS, Montréal
 - **Utilisation des gaz non-condensables**
Étienne Le roux, stagiaire postdoctoral, Université du Québec à Trois-Rivières
- 14 h** Valorisation de résidus granulés comme fertilisant et activateur biologique des sols
Mylène Marchand-Roy, agr., M.Sc., professionnelle de recherche, IRDA
- 14 h 20** Valorisation des résidus dans l'alimentation animale
Dany Cinq-mars, agr. Ph.D., professeur et directeur du programme de 2 et 3^{ième} cycle, Département des Sciences Animales, Université Laval
- 14 h 40** Valorisation énergétique des résidus agroalimentaires par combustion
Joahn Palacios, ing. jr, M.Sc., professionnel de recherche, IRDA
- 15h** La valeur de remplacement au cœur de l'analyse économique
Luc Belzile, M.Sc., agroéconomiste, IRDA
- 15 h 20** Mot de clôture et cocktail réseautage
Stéphane Godbout, ing., agr., Ph.D., IRDA
- 17 h** Fin du symposium
-

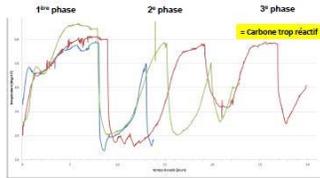
Veuillez SVP vous inscrire en ligne (<http://aiag.qc.ca/evenements>) avant lundi le 16 novembre 2015 à midi.

NB : Une attestation de participation vous sera émise afin de déclarer vos heures de formation continue.

Présentation ppt :

Marchand-Roy, M. et C. Landry. 2015. Valorisation de résidus granulés comme fertilisant et activateur biologique des sols. Conférence au Symposium : les résidus agricoles et agroalimentaires : une richesse inexploitée ! IRDA, Québec, QC. 19 novembre

CONDITIONNEMENT DE LA FRACTION SOLIDE



SÉCHAGE À BASSE TEMPÉRATURE 65°C



LA GRANULATION

Granulateur GRH200 avec matrice de 6



RÉSISTANCE MÉCANIQUE DES GRANULES

RÉSISTANCE MÉCANIQUE	
MÉLANGES	(%)
100 % fruits et légumes	97
15 % pommes de terre	96
40 % pommes de terre	94

Norme de résistance mécanique pour les granules de bois = 97,5 %

AGENTS PATHOGÈNES DANS LES GRANULES

Pour les résidus d'épicerie: Aucune détection *E. coli* ou *Salmonella spp* dans les bouillies ou les granules.



Pour les résidus à la ferme: Présence de *E. coli* et *Lysteria m.* dans la bouillie mais aucune détection dans les granules = la granulation élimine les ag. Pathogènes.

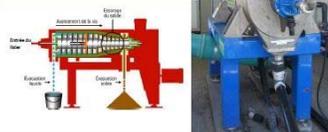
BILAN DU PROCÉDÉ

Essai	BROYAT		FRACTION SOLIDE SÈCHEE		GRANULES	
	Masse	Moisture sèche	Masse	Moisture sèche	Masse	Moisture sèche
1	1000	20,9	164,2	80,5	103,5	87,5
2	1000	23,6	163,8	87,7	180,6	89,9



LA SÉPARATION DU SOLIDE ET DU LIQUIDE

La centrifugeuse



LA SÉPARATION DU SOLIDE ET DU LIQUIDE

Fraction SOLIDE Fraction LIQUIDE



TEST DE SÉPARATION PAR PRESSAGE

Pressoir pneumatique El Neva - 180 litres Pression à 3 bars pendant 24h-48h



FRACTION SOLIDE (FS) OBTENUE



EFFICACITÉ DE SÉPARATION : CENTRIFUGEUSE VS PRESSOIR

EFFICACITÉ DE SÉPARATION DE LA MATIÈRE (%)		
MÉTHODE UTILISÉE	PRODUITS	% MS
CENTRIFUGEUSE	Carottes	8,7
	Résidus d'épicerie	24,3
	Pommes de terre	44,2
PRESSOIR	Carottes	13,9
	Pommes de terre	52,5



CONDITIONNEMENT DE LA FRACTION SOLIDE

Le C labile = santé des sols

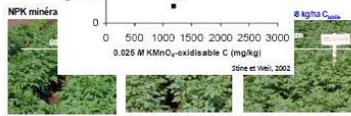
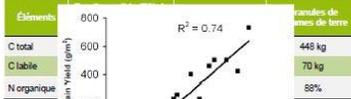
Contenu en C labile pour 1 tonne fraîche de résidus granulés

Éléments	Fraction solide (FS) de lisier de porc (Lansky et coll., 2008)	Granules résidus d'épave	Granules de pomme de terre
C total	650 Kg	432 kg	448 kg
C labile	25 Kg	48 kg	70 kg
N organique	92%	96%	88%



Le C labile = santé des sols

Contenu en C labile pour 1 tonne fraîche de résidus granulés



Impact sur l'activité biologique du sol

Mesures de C et N labiles et d'activité microbienne

FERTILISATION	C labile mg/kg	RESPIRATION MICROBIENNE mg CO ₂ /g	TALX DE MINÉRALISATION mg N-NH ₄ /kg	UREASE μg N-NH ₄ /g	N-NO ₃ mg/kg
0 -PK	130	0.35	5.9	19.2	4.3
NPK minéral	126	0.34	5.3	16.4	5.2
6 Tha FS	135	0.36	6.6	22.4	5.8
9 Tha FS	145	0.37	9.3	20.5	9.1
12 Tha FS	156	0.42	12.9	23.8	13.2

Composition des granules vs. Composts

	P ³ total Kg ³ b.t.	K total Kg ³ b.t.	NP ³
Granules de résidus épave	1,8	12	12
Granules de pommes de terre	1	6,5	5
Compost de résidus verts ²	1,5	2,5	3
Compost de résidus ménagers ³	1,5	4	6
Compost de crevette ¹	2,6-3	0,8-4,2	2-4
Compost de fumier ²	6-7	1-5	0,8

¹Analyse de produit fabriqué en France (Lacta, compost à couche de sphagnum)
²Analyse des produits en vente de CCI Environnement, Composts de résidus végétaux n° 22005 et compost de fumier 20002
³Deeganthy et coll., (2002)

À venir

Hiver 2016 - Essai en serre

- Fertilisation de plants de pommes de terre avec des granules produits à partir de pommes de terre infectées par la gale commune.

Hiver 2016 - Production de granules

- Plus de 900 Kg seront produits pour l'essai au champ.

Printemps 2016 - Essai en champ dans une culture d'avoine

- Mesure de l'efficacité fertilisante des granules et de leur impact sur l'activité biologique des sols.



Conclusions

- Des granules facilement produits avec MS = 90% et une bonne durabilité
 Pour le producteur : = facile de transport, manutention et entreposage
 = diminution des coûts de gestion
- L'épandage au champ des granules est très prometteur pour accroître la fertilité et la santé des sols à court terme
 = le résidu devient un produit intéressant pour l'horticulture bio ou autres.
- Optimisation du procédé;

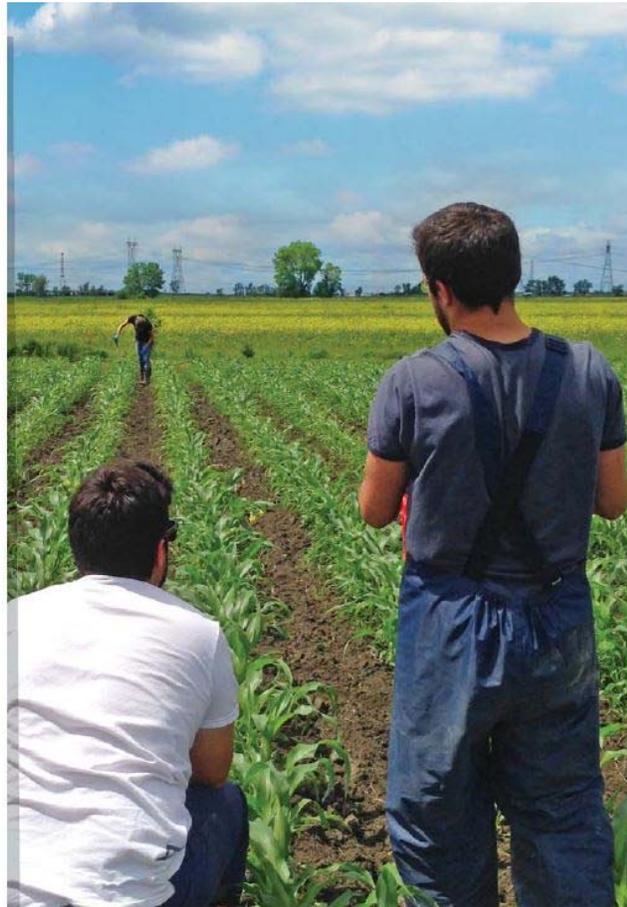




RAPPORT D'ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES ET DE TRANSFERT

2015

ANNÉE INTERNATIONALE
DES SOLS

PROJET	OBJECTIFS	PARTENAIRES
<p>Évaluation du potentiel de valorisation de résidus granulés de pommes de terre à la ferme pour les filières alimentation animale, fertilisation et énergie (2014-2017)</p> <p>CHRISTINE LANDRY</p>	<ul style="list-style-type: none"> Faciliter la conservation et l'usage des résidus de pomme de terre par leur granulation et promouvoir la valorisation de la fraction solide granulée par l'identification de sa salubrité et de ses propriétés nutritionnelles, fertilisantes ou énergétiques et de la fraction liquide par sa caractérisation agronomique. Réaliser une analyse économique de substitution de produits concurrents selon les différentes voies de valorisation explorées. 	<p>MAPAQ – Innov'Action*</p>
<p>Réalisation de travaux préparatoires sur les composts en vue d'une révision éventuelle de la norme CAN/BNQ 0413-200 (2013-2015)</p> <p>DENIS POTVIN</p>	<ul style="list-style-type: none"> Échantillonner et analyser divers (9) types de composts commerciaux. Consulter divers intervenants (générateurs et utilisateurs de compost, associations, regroupements) et identifier les paramètres limitatifs. Analyser la nomenclature AA, A, B et vérifier l'adéquation entre les critères et les usages. Proposer des modifications à la norme actuelle notamment pour les corps étrangers et la matière organique. Élaborer un document à l'intention du BNQ avec présentation verbale des résultats. 	<p>MDELCC</p>



10- Exposition d'une affiche scientifique lors de l'Assemblée de la catégorie des producteurs de pommes de terre aux fins de semences - Hôtel Plaza, 2 février 2016.



11- Présentation de résultats du projet lors de l'Assemblée de la catégorie des producteurs de pommes de terre aux fins de semences- Hotel Plaza, Québec - 14 février 2017



5 ANS
Les Producteurs
de pommes de terre
du Québec

📅 14 février 2017 - Quatre conférenciers de l'IRDA au programme d'une activité des producteurs de pommes de terre
Richard Hogue, Mylène Marchand-Roy et Stéphane Godbout sont en vedette lors de l'Assemblée de la catégorie des producteurs de pommes de terre aux fins de semences qui a lieu le 14 février à l'Hôtel Plaza de Québec.

Au programme de la journée :

- **Richard Hogue**
Résultat des tests post-récolte : Bilan 2016 des résultats des tests post-récolte
- **Richard Hogue**
Indicateurs biologiques de productivité des sols
 - Faits saillants du projet
 - Implication pour les producteurs
- **Mylène Marchand-Roy, Mylène Généreux et Stéphane Godbout**
Utilisation des granules de pommes de terre
 - Fertilisation de cultures
 - Alimentation animale
 - Valorisation énergétique des déchets

Marchand-Roy, M., C. Landry, M. Généreux, S. Godbout, D. Potentiel de valorisation de résidus granulés de pomme de terre. Assemblée de la catégorie des producteurs de pommes de terre aux fins de semences, Québec, QC. 14 février 2017.