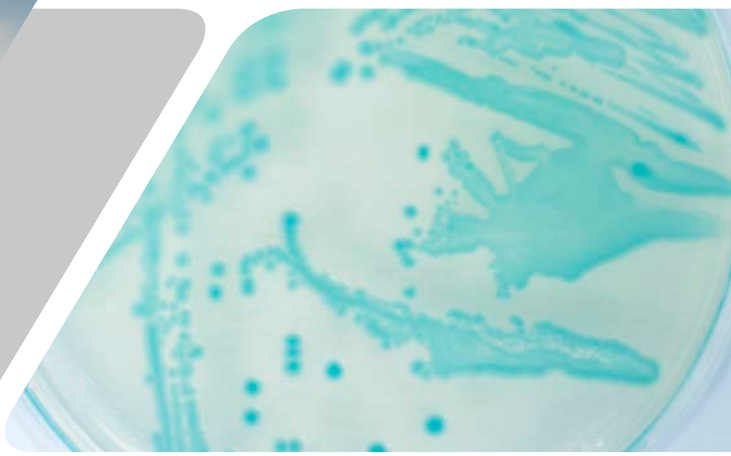
ISSN 2371-0438



LABORATOIRE DE RECHERCHES SUR LES GRAINS

Rapport annuel sur les programmes

2018

Commission canadienne des grains
Canadian Grain Commission

Canada

Une version électronique de la présente publication se trouve en ligne, à l'adresse www.grainscanda.gc.ca.
An English version of this publication is available.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par la ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada, 2019

MANDAT
de la Commission canadienne des grains

La Commission canadienne des grains travaille dans l'intérêt des producteurs de grain. Guidée par la *Loi sur les grains du Canada*, la Commission canadienne des grains travaille à l'établissement et au maintien des normes de qualité du grain canadien, à la réglementation de la manutention des grains au Canada, et à l'assurance du grain comme produit fiable à livrer sur les marchés intérieurs et étrangers.

VISION
du Laboratoire de recherches sur les grains

Faire avancer la science pour fournir du grain de qualité supérieure en vue de favoriser une meilleure nutrition pour une vie meilleure.

MISSION
du Laboratoire de recherches sur les grains

- Être le principal fournisseur de données scientifiques à l'appui du système canadien d'assurance de la qualité des grains.
- Accroître la qualité marchande des grains canadiens grâce à la recherche scientifique, à la surveillance et aux services d'analyse.
- Prévoir les besoins de la chaîne de valeur des grains et y répondre grâce à l'entretien de rapports avec le secteur des grains.

Table des matières

3 Message du directeur

4 Laboratoire de recherches sur les grains

5 Statistiques et faits

Faire progresser la science des cultures

8 Soutenir l'amélioration de la qualité du blé canadien

12 Évaluation de l'effet du *Fusarium* sur la fonctionnalité à l'utilisation finale

14 La classification pneumatique, une possibilité à exploiter pour la transformation des légumineuses canadiennes

16 Effet de l'hydratation variable des grains sur le malt et le moût

Améliorer la salubrité des aliments à base de grains

20 Un meilleur échantillonnage pour de meilleurs résultats

22 Enquête sur les agents pathogènes bactériens dans les grains

Identification des variétés – De la restauration de l'accès aux marchés à la résolution de crimes

26 Évolution de la surveillance des variétés de blé

28 Détection et gestion des cultures génétiquement modifiées

30 Utilisation de profils d'analyse chimique pour identifier des échantillons de colza

Message du directeur

Stefan Wagener, Ph. D.
Directeur, Laboratoire de recherches sur les grains

« Les analyses scientifiques et les projets de recherche et de technologie menés par le Laboratoire de recherches sur les grains assurent la qualité et la salubrité du grain de demain pour le Canada. »
– Stefan Wagener

2018 a été une autre année emballante pour le Laboratoire de recherches sur les grains, et j'ai le plaisir de vous présenter notre Rapport annuel sur les programmes. L'édition de cette année met en lumière certains des secteurs, des projets et des développements uniques en leur genre au sein du Laboratoire de recherches sur les grains de la Commission canadienne des grains et des programmes scientifiques participants.

En 2018, l'un de nos plus importants projets a été notre intervention combinée, de concert avec l'Agence canadienne d'inspection des aliments et d'autres organismes gouvernementaux, de détection et de surveillance d'un cas isolé de blé génétiquement modifié en Alberta. Grâce à des années de surveillance de l'identification des variétés par l'équipe de M. Daniel Perry, Ph. D., et aux travaux de détection de M. Tigst Demeke, Ph. D., et son équipe, nos partenaires commerciaux et nos intervenants ont pu obtenir l'assurance qu'il n'y a pas de blé génétiquement modifié dans le réseau canadien de manutention des grains.

Un autre point fort de 2018 a été l'amélioration de notre Programme d'échantillons de récolte. Outre les données habituellement fournies sur la qualité des échantillons de récolte, les producteurs qui ont participé au Programme d'échantillons de récolte en 2018 ont également reçu les résultats d'analyse de l'indice de chute et du désoxynivalénol (DON) de leurs échantillons de blé et de blé dur. Tout comme ce fut le cas en 2017, le Laboratoire de recherches sur les grains et l'Institut international du Canada pour le grain ont uni leurs efforts pour évaluer la qualité des récoltes de blé et de blé dur de 2018. Cette collaboration très fructueuse a permis d'obtenir des résultats opportuns qui ont été présentés lors des missions sur les nouvelles récoltes de 2018, en partenariat avec Cereals Canada.

Alors que nous nous tournons vers 2019, nous reconnaissons également les changements en cours au Laboratoire de recherches sur les grains. M. Tom Gräefenhan, Ph. D., quittera la Commission canadienne des grains afin de poursuivre une nouvelle occasion professionnelle au Laboratoire national de microbiologie de l'Agence de la santé publique du Canada. Nous lui souhaitons les meilleures chances de succès et le remercions de ses précieux services et de sa contribution.

Je vous invite à lire le rapport et à en apprendre davantage sur nos capacités, nos domaines de recherche et la qualité des services offerts quotidiennement par les scientifiques et le personnel dévoués du Laboratoire de recherches sur les grains. N'hésitez pas à nous faire part de vos commentaires et réflexions; nous y accordons une grande importance.

Commission canadienne des grains

Laboratoire de recherches sur les grains

La recherche réalisée par le Laboratoire de recherches sur les grains à la Commission canadienne des grains se divise en deux catégories : la recherche sur les cultures et la recherche sur les technologies.

La recherche sur les cultures vise à évaluer la qualité des récoltes au Canada et à étudier comment les facteurs de classement influent sur les propriétés à l'utilisation finale. Elle permet également de mettre au point de nouvelles utilisations du grain canadien et d'évaluer de nouvelles variétés dans le cadre du processus d'enregistrement des variétés.

La recherche sur les technologies sert à évaluer et à élaborer des méthodes utilisées pour évaluer la qualité et la salubrité du grain canadien.

Programmes de recherche sur les cultures

- Recherche sur le blé panifiable et le blé dur
- Oléagineux
- Recherche sur les légumineuses
- Mouture et maltage - Recherche sur l'orge et d'autres grains
- Enzymes du blé, produits asiatiques et services analytiques

Programmes de recherche sur les technologies

- Recherche sur la biotechnologie des grains
- Microbiologie
- Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace
- Activités de surveillance et de recherche en matière d'identification des variétés

Outre les travaux de recherche et les essais réalisés dans le cadre de chaque programme, tous les programmes soutiennent quatre activités clés :

Surveillance de la qualité des cargaisons

Essais analytiques visant les expéditions de grain destinées à l'exportation (p. ex. mycotoxines, pesticides, composition variétale) afin de s'assurer qu'elles respectent les paramètres de classement et de qualité du Canada.

Programme d'échantillons de récolte

Les producteurs envoient, sur une base volontaire, un échantillon de leur récolte et reçoivent en retour un rapport personnalisé sur la qualité de leur culture.

Demandes de services d'analyse

Services d'analyse des échantillons soumis par l'industrie aux fins d'essai; des frais sont exigés dans certains cas.

Évaluation des lignées des sélectionneurs

Analyses et recommandations pour l'amélioration des lignées des sélectionneurs.

Laboratoire de recherches sur les grains

Statistiques et faits

Programme d'échantillons de récolte

Nous publions des rapports annuels sur les cultures et les récoltes. Nous publions aussi un rapport d'enquête annuel sur la fusariose à partir des échantillons soumis dans le cadre du Programme d'échantillons de récolte.

Le Programme d'échantillons de récolte a reçu

15 135 échantillons

de la campagne agricole 2018 à 2019.

Nous avons analysé **1 483** échantillons de cargaisons.

Nous utilisons actuellement **117 méthodes d'essai** différentes.

Nos chercheurs ont publié **6 articles** et **1 chapitre** de livre.

Nous avons analysé **8 870** l'indice de chute et la teneur en DON de échantillons de blé.

Nous avons fait **511** essais en **réponse à des demandes de services des clients externes**, ce qui a nécessité la mouture de **80** échantillons.

Les demandes les **plus fréquentes** visaient **la teneur en azote/protéines** par combustion et le **profil des acides gras.**

Nos chercheurs ont présenté **22 exposés scientifiques.**

Des 20 GRAINS réglementés par la Commission canadienne des grains, nous en analysons 14 types différents :

- pois
- lentilles
- blé
- blé dur
- orge
- avoine
- sarrasin
- pois chiches
- haricots
- graine de moutarde
- lin
- seigle
- soja
- canola/colza

Faire progresser la science des cultures

Au Laboratoire de recherches sur les grains de la Commission canadienne des grains, nous mettons constamment au point de nouvelles façons d'améliorer la qualité des grains et des produits qu'ils servent à fabriquer. Grâce à la recherche scientifique et technologique, nous contribuons à soutenir l'innovation dans le secteur canadien des grains, de l'exploitation agricole au consommateur mondial.

Recherche sur le blé panifiable et le blé dur

Bin Xiao Fu, Ph. D.

Soutenir l'amélioration de la qualité du blé canadien :
Protocole rapide pour l'évaluation des principaux caractères de qualité

La sélection efficiente et efficace des principaux caractères de qualité est essentielle à la mise au point de nouvelles variétés de blé offrant une meilleure qualité d'utilisation finale. Toutefois, le protocole d'essai habituel prend du temps et nécessite de gros échantillons. Pour régler ces problèmes, nous avons élaboré un nouveau protocole qui produit des résultats rapides et précis avec de petits échantillons.

Facteurs de qualité du blé

La teneur en protéines et la force du gluten sont essentielles à la qualité du blé, au contrôle de l'absorption d'eau de la farine, aux exigences liées au pétrissage et à la viscoélasticité de la pâte. La viscoélasticité, ou le juste équilibre entre l'extensibilité et l'élasticité, de la pâte détermine comment le blé peut être utilisé et la qualité du produit final. Le blé à haute teneur en protéines a tendance à avoir un gluten fort, convenant à la fabrication de pain. Le blé à faible teneur en protéines a tendance à présenter une force du gluten plus faible, ce qui convient pour les pâtisseries.

La qualité meunière influe sur la valeur commerciale du blé et est compliquée à évaluer. Les propriétés physiques comme la dureté, le poids des grains, le poids spécifique, la condition des grains et leur vitrosité ont une incidence sur la facilité avec laquelle le blé est moulu en farine. Les indicateurs clés de la qualité meunière sont le rendement, la teneur en cendres et la contamination par le son. La mouture d'un échantillon permet de prédire le rendement à la mouture.

Le farinographe mesure l'absorption, le temps de pétrissage et la stabilité de la pâte pendant le pétrissage. L'extensographe évalue les propriétés de manipulation de la pâte, de fermentation et de panification.

1

2

Protocole classique

Dans le cadre du protocole classique d'évaluation du rendement à la mouture et des propriétés de la pâte, on utilise un moulin d'essai de marque Bühler, un farinographe et un extensographe (images 1 à 4). Cette méthode prend du temps pour la meunerie et l'industrie de la boulangerie-pâtisserie et, parce qu'elle nécessite de 2 à 5 kg de blé, elle ne peut pas être utilisée pour sélectionner les populations en sélection, ce qui nécessite l'analyse de nombreux échantillons très petits.

Nouveau protocole

Prédire le rendement en farine avec un protocole modifié de mouture au moyen d'un moulin Quadrumat Junior

Nous avons élaboré un protocole modifié de mouture au moyen d'un moulin Quadrumat Junior pour prédire le rendement en farine en utilisant seulement 200 g de blé. Les résultats étaient fortement corrélés ($r > 0,89$; $p < 0,001$) avec le moulin d'essai Bühler pour certaines lignées généalogiques avancées cultivées en 2015, 2016 et 2017 (figure 1).

Prédire l'absorption d'eau de la farine à l'aide de l'instrument GlutoPeak

Nous avons utilisé le GlutoPeak et 8 g de farine moulue avec le moulin Quadrumat Junior pour prédire l'absorption d'eau mesurée par un farinographe. Nous avons examiné des échantillons provenant de 32 lignées généalogiques avancées présentant toute une gamme de taux d'absorption d'eau de la farine. Le couple maximal de l'instrument GlutoPeak pour la farine moulue avec le Quadrumat Junior était fortement corrélé ($r = 0,91$; $p < 0,001$) avec l'absorption d'eau mesurée par un farinographe de la farine moulue avec le moulin Bühler (figure 2).

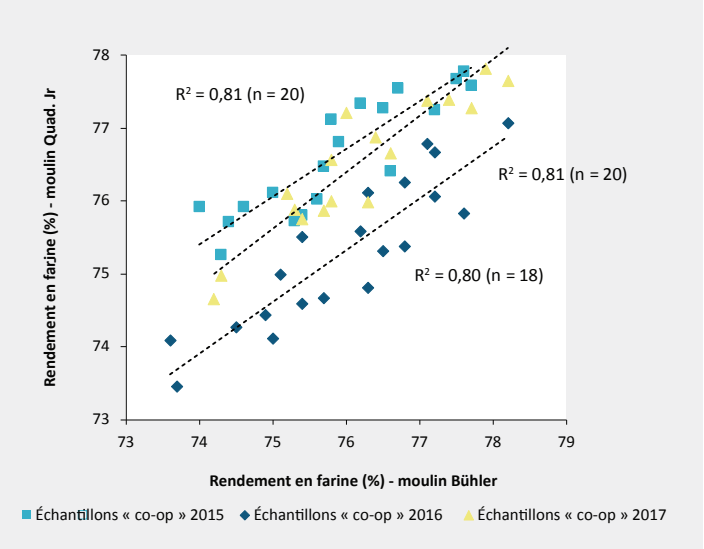


Figure 1 Relation entre le rendement en farine évalué avec le moulin d'essai Bühler et avec le protocole proposé de mouture avec le moulin Quadrumat Junior pour certaines lignées généalogiques avancées

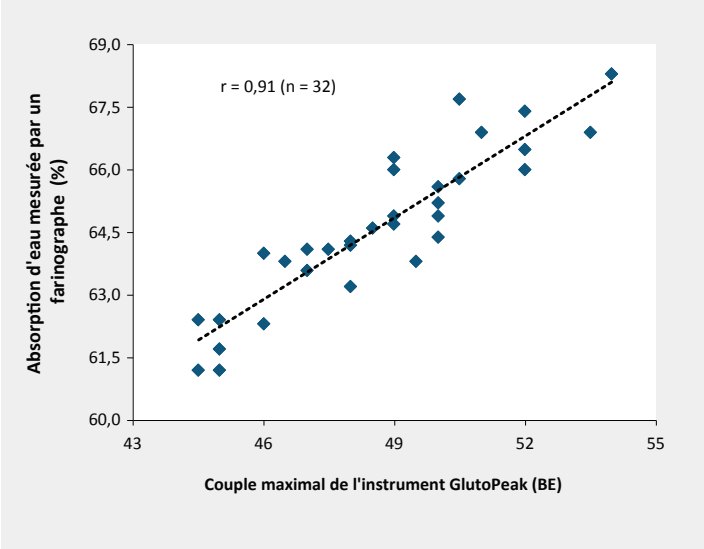


Figure 2 Relation entre l'absorption d'eau mesurée par le farinographe et le couple maximal de l'instrument GlutoPeak pour certaines lignées généalogiques avancées

Images
[1] Moulin d'essai Bühler
[2] Farinographe
[3] Extensographe

Détermination de la force du gluten avec l'instrument GlutoPeak et la méthode rapide d'utilisation de l'extensographe

Évalués en utilisant seulement 8 g de farine, les résultats relatifs à la surface du pic et à l'indice de force obtenus au moyen de l'instrument GlutoPeak sont fortement corrélés avec les paramètres de la force de la pâte mesurés par un farinographe, un mixographe et un extensographe (tableau 1). Nous avons procédé à un test à l'aide de la méthode rapide d'utilisation de l'extensographe (jusqu'à trois fois plus rapide que la méthode standard) en fonction de deux niveaux d'absorption d'eau : un niveau d'absorption d'eau constant de 67,5 % et un niveau d'absorption d'eau prévu par l'instrument GlutoPeak + 2 %. Les résultats obtenus avec la méthode rapide d'utilisation de l'extensographe relativement au temps de pétrissage, à l'énergie au pétrissage, à la résistance maximale de l'extensographe et à la surface sont fortement corrélés avec la méthode modifiée d'utilisation de l'extensographe (tableau 2).

Tableau 1 Coefficients de corrélation simple (*r*) entre les résultats concernant la surface du pic et l'indice de force obtenus au moyen de l'instrument GlutoPeak et les principaux paramètres de qualité de la farine pour certaines lignées généalogiques avancées

Paramètres de l'instrument GlutoPeak		Couple maximal	Surface du pic	Indice de force
Paramètres du farinographe	Absorption	**0,91*** **	-0,37*	-0,15 NS
	Temps de développement	-0,10 NS	0,72***	0,73***
	Stabilité	-0,02 NS	**0,76*** **	**0,79*** **
Paramètres de pétrissage et de l'extensographe	Temps de pétrissage	-0,16 NS	**0,89*** **	**0,89*** **
	Énergie au pétrissage	-0,04 NS	**0,76*** **	**0,78*** **
	Résistance maximale	-0,12 NS	**0,89*** **	**0,91*** **
	Extensibilité	0,20 NS	-0,55**	-0,52**
	Surface	-0,06 NS	**0,85*** **	**0,87*** **

*, **, *** = résultats significatifs à un niveau de 5, 1 et 0,1 %, respectivement; NS = résultats non significatifs (P > 0,05)

Tableau 2 Coefficients de corrélation simple (*r*) pour les propriétés de la pâte mesurées par la méthode rapide d'utilisation de l'extensographe selon des niveaux d'absorption de l'eau constants et rajustés par rapport à la méthode modifiée d'utilisation de l'extensographe

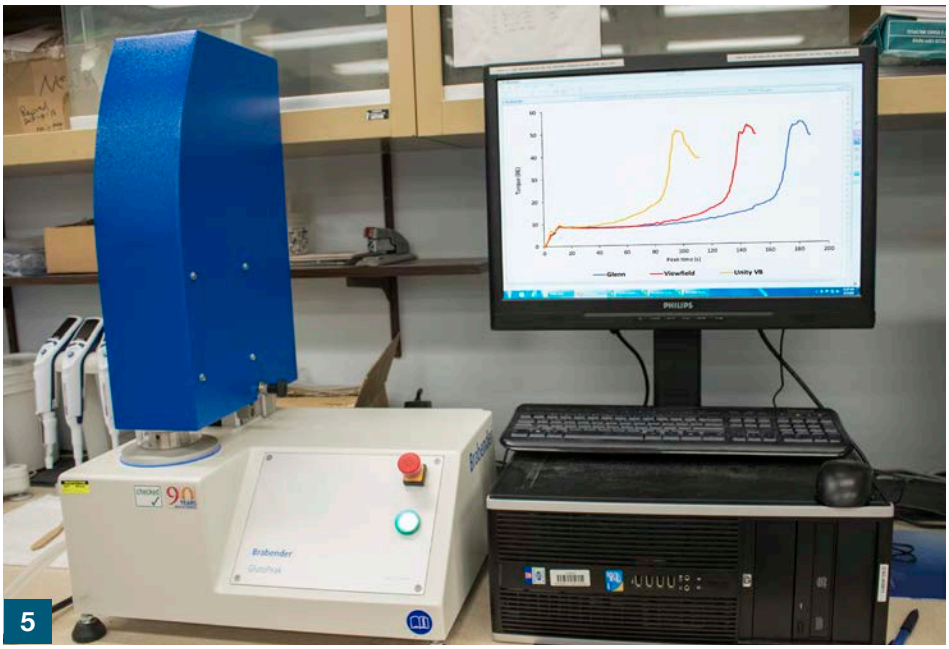
Méthode rapide d'utilisation de l'extensographe		Méthode modifiée d'utilisation de l'extensographe				
		Temps de pétrissage	Énergie au pétrissage	Résistance maximale	Extensibilité	Surface
Niveau constant d'absorption d'eau	Temps de pétrissage	**0,89*** **	0,87***	0,93***	-0,62**	0,86***
	Énergie au pétrissage	0,83***	**0,88*** **	**0,88*** **	-0,54**	0,82***
	Résistance maximale	0,90***	0,92***	**0,93*** **	-0,54**	0,89***
	Extensibilité	-0,27 NS	-0,36 NS	-0,25 NS	**0,51***	-0,12 NS
	Surface	0,88***	0,87***	0,93***	-0,45**	**0,92*** **
Niveau d'absorption d'eau prévu + 2 %	Temps de pétrissage	**0,92*** **	0,85***	0,91***	-0,58**	0,85***
	Énergie au pétrissage	0,83***	**0,80*** **	**0,83*** **	-0,46**	0,80***
	Résistance maximale	0,94***	0,92***	**0,97*** **	-0,58**	0,92***
	Extensibilité	-0,19 NS	-0,16 NS	-0,16 NS	**0,37** NS	-0,07 NS
	Surface	0,92***	0,90***	0,95***	-0,52**	**0,92*** **

*, **, *** = résultats significatifs à un niveau de 5, 1 et 0,1 %, respectivement; NS = résultats non significatifs (P > 0,05)

Résultats significatifs pour les sélectionneurs de blé

Le nouveau protocole que nous avons mis au point est jusqu'à quatre fois plus rapide et nécessite seulement 200 grammes de blé pour prédire le rendement à la mouture, l'absorption d'eau de la farine et les propriétés du gluten (images 4 à 8).

Ce protocole peut être largement adopté pour sélectionner les caractères de qualité clés dans le cadre des programmes de sélection du blé. Afin d'harmoniser la sélection des caractères de qualité avec les exigences d'enregistrement, nous avons proposé ce nouveau protocole aux sélectionneurs de blé canadien pour l'évaluation du rendement en farine du blé, de l'absorption de l'eau de la farine et des propriétés de la pâte dans le cadre de leurs programmes de sélection.

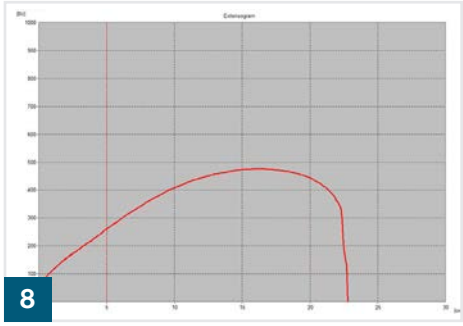


5

4

6

7


8

Images
[4] Moulin Quadrumat Junior
[5] Instrument GlutoPeak
[6] Méthode rapide d'utilisation de l'extensographe
[7] Courbe de pétrissage de la pâte
[8] Courbe de la méthode rapide d'utilisation de l'extensographe

Enzymes du blé, produits asiatiques et services analytiques

Dave Hatcher, Ph. D.

Évaluation de l'effet du *Fusarium* sur la fonctionnalité à l'utilisation finale

Nous avons mis au point une procédure qui pourrait permettre aux inspecteurs d'évaluer la quantité de grains fusariés afin de répondre aux préoccupations relatives à la salubrité des grains et à la fonctionnalité à l'utilisation finale que soulèvent les dommages causés par le *Fusarium*.

Contexte

À l'heure actuelle, les tolérances de classement des grains fusariés sont fondées sur les préoccupations relatives à la salubrité des grains, plutôt que sur l'effet du *Fusarium* sur la fonctionnalité à l'utilisation finale. C'est parce que le *Fusarium graminearum* produit la mycotoxine désoxynivalénol (DON), laquelle est toxique pour les humains et les animaux. Cependant, d'autres espèces de *Fusarium*, comme *F. avenecium*, ne produisent pas de DON.

Toutes les espèces de *Fusarium* produisent des protéases qui compromettent la qualité des produits fabriqués à partir de blé fusarié. Les protéases sont des enzymes qui attaquent la gluténine et la gliadine, qui, lorsqu'elles sont mélangées à l'eau pour faire la pâte, forment le gluten, un polymère essentiel. Dans la pâte à pain, le gluten retient le dioxyde de carbone produit par la levure, ce qui permet au pain de lever et de conserver sa forme pendant la cuisson. La modification de la quantité et de la composition du gluten influe sur la force et l'extensibilité de la pâte.

Effet des grains fusariés sur la qualité de la farine

À l'heure actuelle, la quantité de grains fusariés est évaluée visuellement. Les inspecteurs cherchent les grains qui montrent des signes de dommages causés par le *Fusarium*, comme les grains blancs, crayeux et déformés. Nous avons constaté que ces grains présentent également une activité excessive de protéases fongiques.

À l'heure actuelle, le pourcentage admissible de grains fusariés dans le blé roux de printemps de l'Ouest canadien est de 0,25 % pour le grade no 1, de 0,8 % pour le grade no 2, de 1,5 % pour le grade no 3 et d'un maximum de 4 % pour le blé fourrager. La figure 1 présente les résultats des études préliminaires sur la farine provenant de diverses quantités de grains de blé crayeux et déformés. L'incidence sur la force de la farine (résistance maximale) est clairement évidente à 0,8 % de grains fusariés, et elle augmente à mesure que le pourcentage de grains fusariés augmente dans la mouture de blé.

Méthode

Pour mesurer les quantités de DON dans un échantillon de blé, nous moulons d'abord l'échantillon au moyen d'un moulin mesurant l'indice de chute pour produire la mouture entière. Nous extrayons ensuite un échantillon avec de l'eau. Enfin, nous utilisons la méthode d'essai rapide sur bandelette Raptor® pour mesurer la quantité de DON.

À l'heure actuelle, nous cherchons à savoir si nous pouvons combiner l'analyse du DON avec l'analyse de la fonctionnalité à l'utilisation finale en utilisant le même extrait aqueux pour les deux analyses. Nous utilisons un nouvel essai recourant à des composés spécialisés pour évaluer la quantité de protéases dans les grains fusariés de l'échantillon préparé. Nos études initiales à l'aide de substrats de protéases chromophores (cible de la protéase) n'ont pas donné la sensibilité nécessaire pour détecter les protéases du *Fusarium* dans la farine moulue à partir de grains de blé fusariés. D'après des recherches ultérieures sur un substrat (protéine) spécialement modifié qui devient fluorescent lorsqu'il est clivé par la protéase, il existe une relation linéaire entre la fluorescence et le pourcentage de grains fusariés dans la farine de blé.

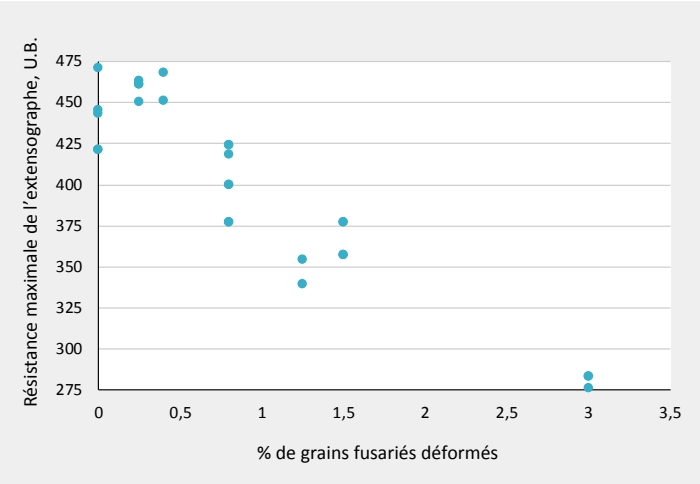


Figure 1 Incidence des grains de blé déformés sur la farine (résistance maximale de l'extensographe)

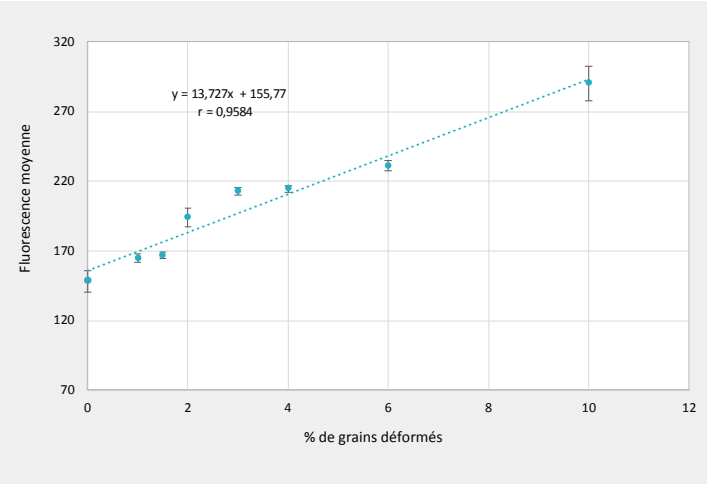


Figure 2 Fluorescence moyenne de la farine de blé en fonction du pourcentage de grains fusariés (n = 3 répétitions)

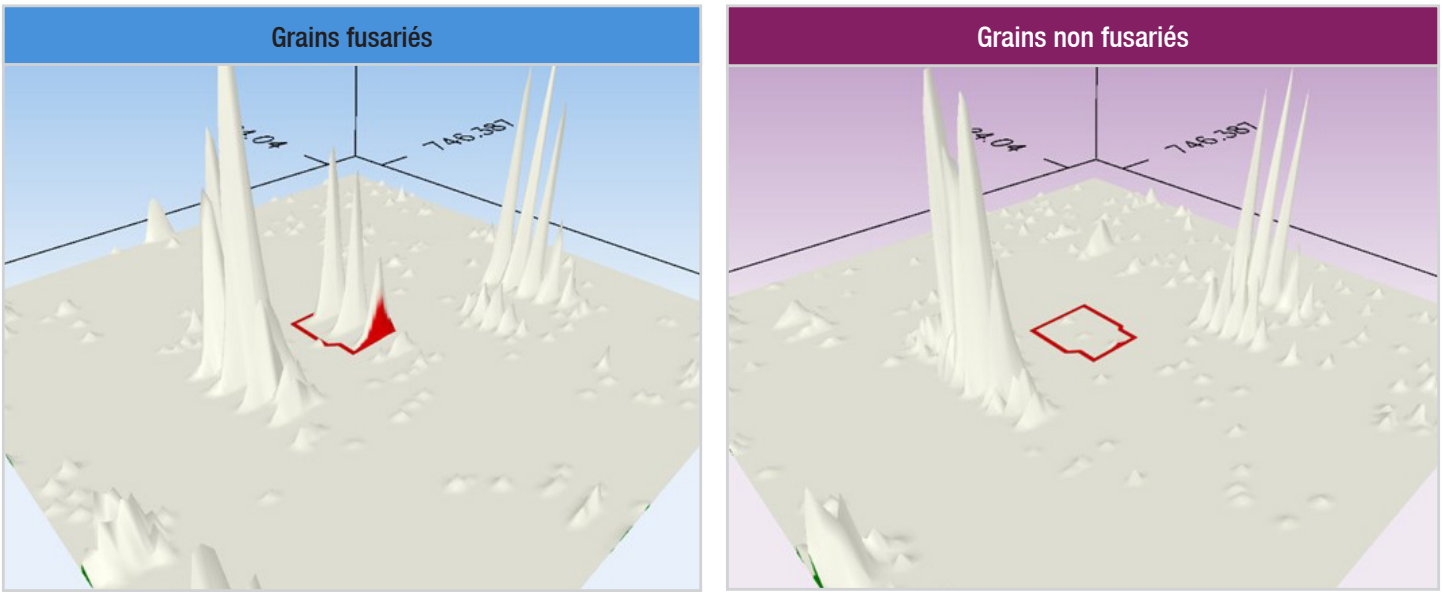
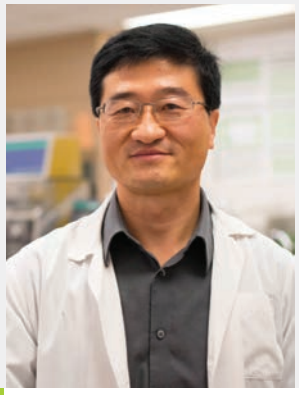


Figure 3 Peptides uniques identifiés grâce à l'activité protéasique du *Fusarium*

Prochaines étapes

Nous travaillons avec les inspecteurs de la Commission canadienne des grains pour remplacer les évaluations visuelles actuelles par de nouveaux seuils de tolérance pour les grains fusariés en fonction des effets du *Fusarium* sur la qualité d'utilisation finale et des problèmes de salubrité des grains causés par le DON.

En explorant de nouvelles méthodes pour évaluer à la fois les effets sur la qualité et la salubrité des grains de blé fusariés, nous pouvons régler à la fois les problèmes de salubrité et de fonctionnalité à l'utilisation finale dans l'intérêt de l'industrie canadienne des grains.



Recherche sur les légumineuses

Ning Wang, Ph. D.

La classification pneumatique, une possibilité à exploiter pour la transformation des légumineuses canadiennes

Le marché mondial des ingrédients protéinés d'origine végétale, comme ceux fabriqués avec des légumineuses, connaît une croissance phénoménale à mesure que la population augmente, que le profil démographique des consommateurs change et que le coût des protéines d'origine animale continue de croître. Toutefois, le Canada exporte principalement des légumineuses en grains entiers ou cassés, plutôt que des ingrédients raffinés comme des farines, des concentrés ou des isolats. Cela signifie qu'il reste des débouchés importants pour les producteurs canadiens de légumineuses par un recours accru à la transformation à valeur ajoutée, ce qui augmentera la demande de légumineuses canadiennes.

Classificateur pneumatique de laboratoire utilisé pour séparer la farine de pois en une fraction riche en protéines et une fraction riche en amidon

Les légumineuses peuvent être transformées en farine et ensuite séparées, ou fractionnées, en fractions protéique et amylacée par mouture sèche (aussi appelée « classification pneumatique ») ou par mouture humide. Les fractions de protéines et d'amidon pourraient être utilisées comme ingrédients dans des applications alimentaires. Toutefois, de nouvelles façons de transformer les légumineuses signifient qu'il faut plus d'information sur les propriétés chimiques, nutritives et fonctionnelles des ingrédients des légumineuses, ainsi que sur la façon dont le cultivar, l'environnement et la transformation influent sur ces propriétés.

Méthode de classification pneumatique

Pour libérer les protéines et l'amidon, nous avons utilisé un broyage fin pour moudre un échantillon de pois. Nous avons ensuite utilisé la classification pneumatique pour séparer les légumineuses finement moulues en une fraction riche en protéines et une fraction riche en amidon. La classification pneumatique utilise un flux d'air pour séparer les fractions selon la taille et la densité. Nous avons utilisé un classificateur pneumatique de laboratoire (image ci-contre) pour :

- étudier l'effet des paramètres de transformation, comme la vitesse de la roue du classificateur et le débit d'air, sur la composition des fractions de pois ayant fait l'objet d'une classification pneumatique;
- optimiser les conditions de traitement de la classification pneumatique du classificateur pneumatique de laboratoire.

Nos résultats

Nos résultats préliminaires ont montré que la vitesse de la roue du classificateur et le débit d'air avaient des effets significatifs sur la teneur en protéines, en amidon et en fibres alimentaires totales dans les fractions riche en protéines et riche en amidon de la farine de pois (figure 1). L'augmentation de la vitesse de la roue de classificateur a eu pour effet d'augmenter la teneur en amidon (figure 1C) de la fraction riche en amidon, la teneur en protéines (figure 1B) et la teneur en fibres alimentaires totales (figure 1F) de la fraction riche en protéines, mais de réduire la teneur en amidon (figure 1D) de la fraction riche en protéines, ainsi que la teneur en protéines (figure 1A) et la teneur en fibres alimentaires totales (figure 1E) de la fraction riche en amidon. L'augmentation du débit d'air a eu pour effet de réduire la teneur en protéines (figure 1B) et la teneur en fibres alimentaires totales (figure 1F) de la fraction riche en protéines, mais d'augmenter la teneur en amidon (figure 1D) de la fraction riche en protéines et la teneur en fibres alimentaires totales (figure 1E) de la fraction riche en amidon.

Nous avons établi les conditions optimales de transformation des farines de pois par classification pneumatique en fraction riche en protéines et en fraction riche en amidon à l'aide d'un classificateur de laboratoire. La classification pneumatique pourrait permettre de doubler la concentration en protéines de la fraction riche en protéines, pour qu'elle atteigne 52,3 % de la matière sèche (MS) par rapport à la concentration de protéines dans la farine de pois et d'augmenter la concentration d'amidon de la fraction riche en amidon, pour qu'elle atteigne 65,5 % de la MS (tableau 1). Les résultats ont également montré que la cendre et les fibres alimentaires étaient principalement concentrées dans la fraction riche en protéines. De plus, nous pourrions produire des farines de pois de différentes compositions en utilisant diverses combinaisons de la vitesse de la roue du classificateur et du débit d'air.

En conclusion, nous avons constaté que les variables de transformation avaient une incidence significative sur la composition des fractions de pois issues d'une classification pneumatique. Nous avons établi les conditions optimales de séparation des farines de pois en fraction de protéines et en fraction d'amidon à l'aide du classificateur pneumatique de laboratoire.

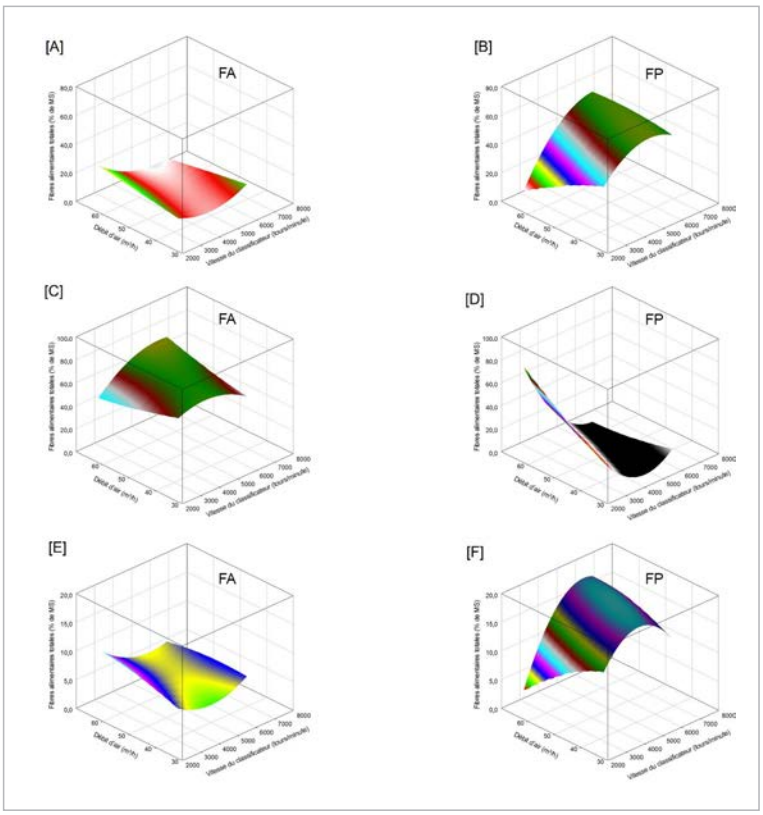


Figure 1 Effet de la vitesse de la roue du classificateur pneumatique et du débit d'air sur les protéines (A et B), l'amidon (C et D) et la teneur en fibres alimentaires totales (E et F) de la fraction riche en amidon (FA) et de la fraction riche en protéines (FP).

Prochaines étapes

Nous étudierons la façon dont des facteurs (cultivar, environnement, etc.) influent sur les propriétés fonctionnelles de la fraction riche en protéines et de la fraction riche en amidon issues des légumineuses. Ces renseignements sont importants pour appuyer l'utilisation accrue des ingrédients de légumineuses, ce qui augmentera la demande de légumineuses canadiennes, au bénéfice des producteurs.

Tableau 1 Composition de la farine brute de pois, de la fraction riche en protéines et de la fraction riche en amidon produites selon les conditions optimales de transformation[1]

Fraction	Protéines (% MS)	Amidon (% MS)	Cendre (% MS)	Teneur en fibres alimentaires totales (% MS)
Farine de pois brute	25,2	49,6	3,5	10,1
Fraction riche en protéines	52,3	8,6	6	17,8
Fraction riche en amidon	12,3	65,6	1,9	6,2

[1] MS = matière sèche

Mouture et maltage – Recherche sur l'orge et d'autres grains

Marta Izydorczyk, Ph. D.

Effet de l'hydratation variable des grains sur le malt et le moût

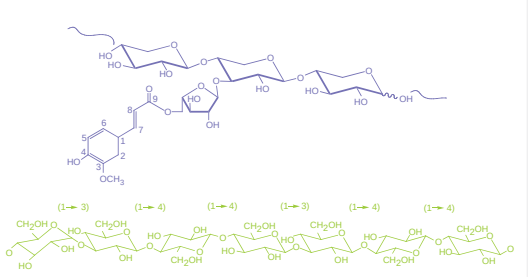
Attirée par les avantages environnementaux et économiques possibles, l'industrie brassicole souhaite modifier les procédés de maltage afin d'utiliser moins d'eau. En trempant l'orge brassicole à des niveaux d'hydratation inférieurs, l'industrie pourrait être en mesure de réduire la consommation d'eau, la consommation d'énergie et les déchets liquides.

L'objectif de notre recherche était de déterminer l'incidence de différents niveaux d'hydratation des grains (pendant le trempage) sur le contenu et les propriétés moléculaires des bêta-glucanes (β-glucanes) et des arabinoxylanes dans le malt et le moût.

Arabinoxylanes et β-glucanes dans la production de la bière

Les arabinoxylanes et les β-glucanes sont les principaux polysaccharides non amylacés de l'orge et ils contribuent à la viscosité du moût et de la bière. L'hydratation insuffisante des grains entraîne une dégradation incomplète des β-glucanes et des arabinoxylanes. Une dégradation incomplète peut causer des problèmes de transformation, comme la turbidité de la bière et le ralentissement de la filtration du moût et de la bière.

Les experts scientifiques et industriels du maltage avaient une compréhension relativement limitée de l'incidence d'une faible hydratation des grains sur la solubilisation, l'hydrolyse ou la structure moléculaire des β-glucanes et des arabinoxylanes restant dans le malt et le moût.



Effet d'une faible hydratation (~38 %) et d'une forte hydratation (~46 %) des grains pendant le trempage sur la teneur en β-glucanes et en arabinoxylanes dans le moût

Bioprocédé de maltage

Essentiel à la production de la bière, le bioprocédé de maltage comprend le trempage, la germination et le touraillage.

1. Le trempage consiste à hydrater les grains d'orge en les immergeant à plusieurs reprises dans l'eau (mouillage), puis en les laissant s'égoutter (repos à l'air). L'augmentation de l'humidité et de l'oxygène dans le grain trempé déclenche la germination.
2. Pendant la germination, le grain produit et libère des hormones, synthétise des enzymes hydrolytiques pour décomposer la paroi des cellules de l'endosperme et la matrice protéique, et forme des enzymes hydrolytiques pour décomposer les granules d'amidon.
3. Le touraillage du grain trempé et germé permet de dessécher le grain et d'obtenir un produit de malt stable et de développer sa saveur et sa couleur.

Approche expérimentale

Nous avons utilisé les échantillons d'orge CDC Kindersley et CDC Meredith fournis par le Crop Development Centre (Université de la Saskatchewan) pour cette étude. Pendant le maltage, les variétés CDC Kindersley et CDC Meredith synthétisent respectivement des quantités élevées et modérées d'enzymes de dégradation de l'amidon. Nous avons trempé des échantillons d'orge jusqu'à 6 degrés différents d'hydratation des grains en les plongeant dans une eau à 13 °C, en les retirant de l'eau et en les laissant reposer à l'air.

Nous avons déterminé la teneur en β-glucanes et en arabinoxylanes des échantillons de malt ainsi que les propriétés de ces substances. Après l'empâtage du malt, les polysaccharides qui restaient dans le moût ont été isolés par précipitation (une méthode de séparation des solides d'une solution analysée par chromatographie haute performance par exclusion de taille) (figure 1).

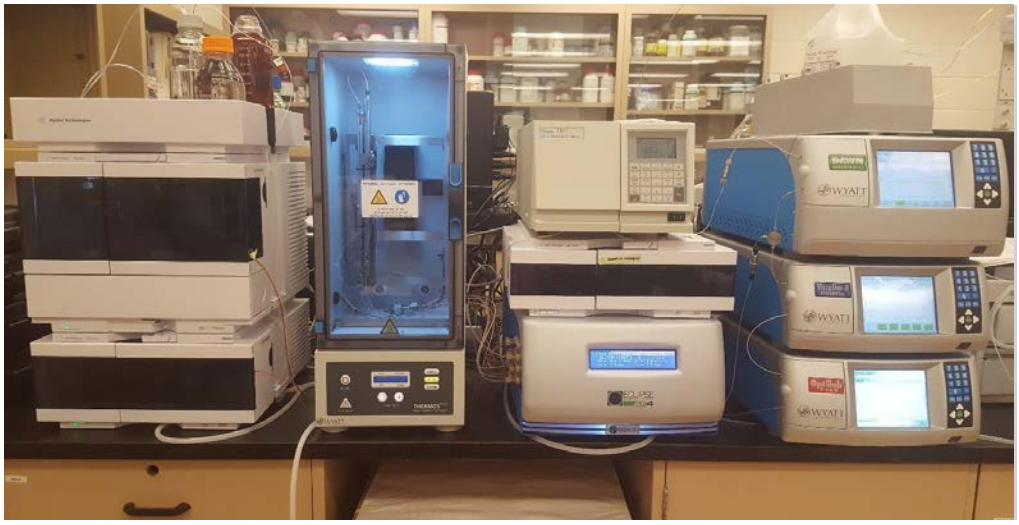
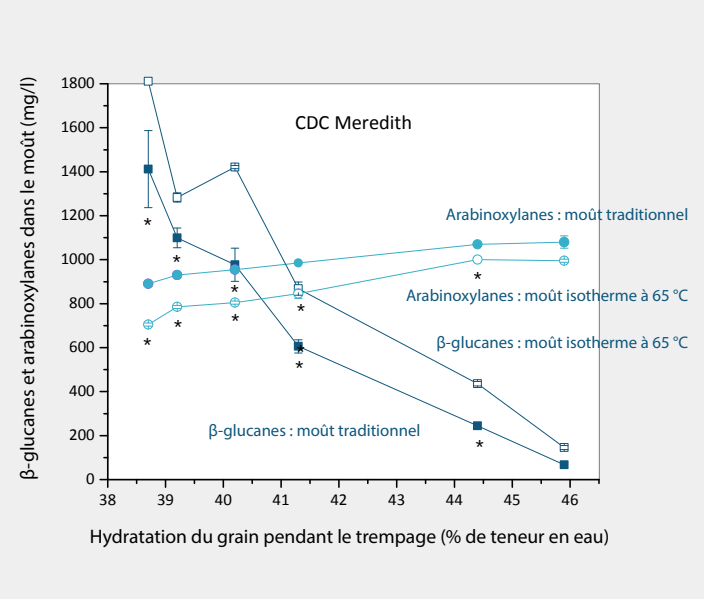


Figure 1
Chromatographie haute performance par exclusion de taille (Waters Alliance 2695, Milford, Mass.) utilisée pour déterminer le poids moléculaire et caractériser les β-glucanes et les arabinoxylanes dans le moût.

Photo : réfractomètre (Optilab Trex RI), diffuseur de lumière laser à angles multiples (Dawn Heleos II) et détecteur de viscosité (Viscostar II) (Wyatt Technology, Santa Barbara, Calif.).



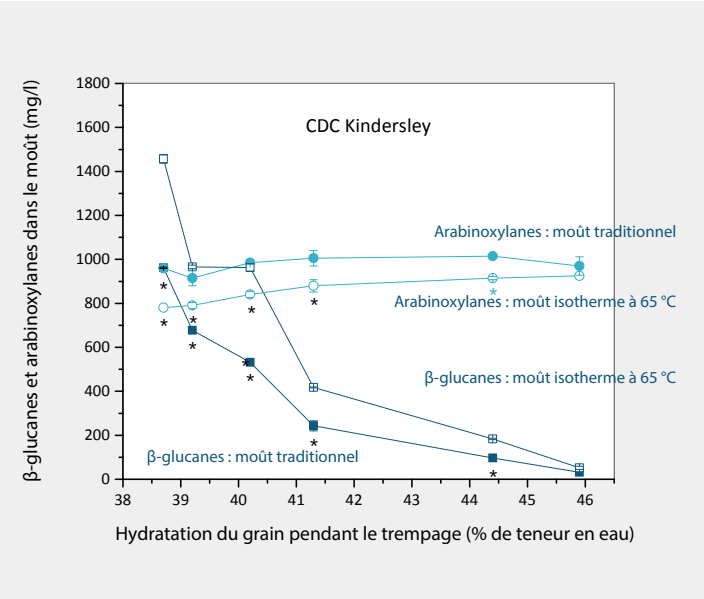


Figure 2 Effets de l'augmentation de l'hydratation des grains pendant le trempage sur la teneur en β-glucanes et en arabinoxylanes dans le moût préparé par empâtage traditionnel et par empâtage isotherme à 65 °C pour les variétés CDC Meredith et CDC Kindersley. Les barres d'erreur indiquent l'écart-type. Les astérisques (*) indiquent les différences significatives sur le plan statistique en ce qui concerne les moyennes obtenues pour le moût préparé par empâtage traditionnel et le moût préparé par empâtage isotherme à 65 °C, selon des niveaux précis d'hydratation des grains ($p < 0,05$).

Résultats et conclusions

Nous avons constaté que les conditions de trempage pouvaient avoir une incidence significative sur la concentration et les propriétés physicochimiques des β-glucanes et des arabinoxylanes dans le malt et le moût.

Dans le moût préparé avec les grains maltés les moins hydratés par trempage, les β-glucanes étaient dominants. Le moût fait avec les grains les plus hydratés contenait plus d'arabinoxylanes que de β-glucanes (figure 2). Les pratiques qui éliminent les β-glucanes dans le moût peuvent augmenter la concentration des arabinoxylanes.

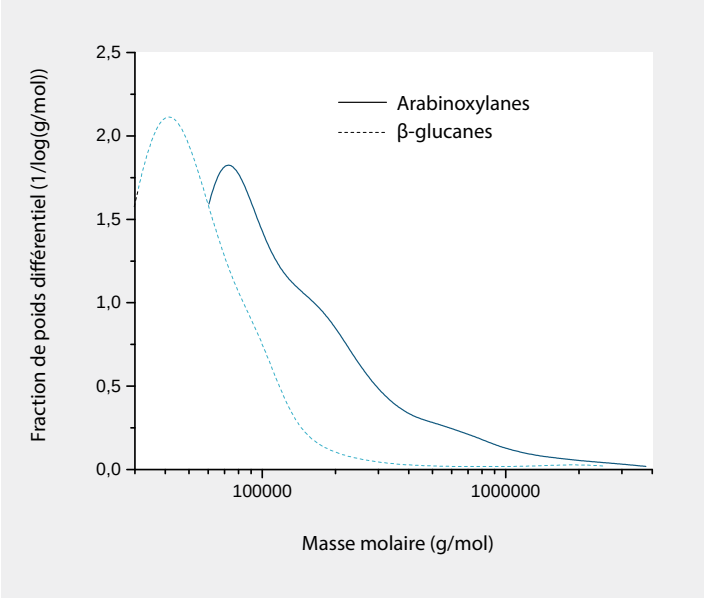


Figure 3 Distribution différentielle de la masse molaire des polymères de β-glucanes et d'arabinoxylanes dans le moût isotherme à 65 °C de la variété CDC Meredith préparé avec du malt faiblement hydraté (39 %, teneur en eau).

Nous avons également constaté ce qui suit :

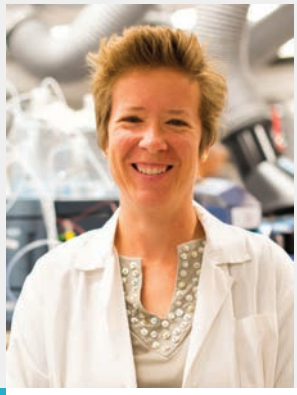
- Une baisse relativement faible du niveau d'hydratation des grains pendant le trempage a eu pour effet une augmentation significative de la concentration de β-glucanes dans le malt (tableau 1) et le moût (figure 2).
- Certaines différences observées entre des variétés d'orge brassicole donnent à penser qu'on pourrait réduire le niveau d'hydratation pendant le trempage pour certains génotypes (tableau 1, figure 2).
- L'hydratation accrue des grains par trempage a fait légèrement augmenter la concentration d'arabinoxylanes dans le malt et le moût, indiquant que les conditions favorables à l'hydrolyse des β-glucanes pourraient faire en sorte que les arabinoxylanes commencent à devenir plus solubles (tableau 1, figure 2).
- Le poids moléculaire moyen des arabinoxylanes du moût était supérieur à celui des β-glucanes (figure 3).

Tableau 1 Effets du niveau d'hydratation des grains pendant le trempage sur la teneur en β-glucanes et en arabinoxylanes dans le malt touraillé

Variété d'orge	Hydratation des grains pendant le trempage (%, teneur en eau)	Teneur totale en β-glucanes du malt (%, poids sec)	Arabinoxylanes hydrosolubles dans le malt (%, poids sec)
CDC Meredith	38,7	1,73 ± 0,03	6,29 ± 0,07
	39,2	1,59 ± 0,04	6,87 ± 0,08
	40,2	1,41 ± 0,02	6,46 ± 0,15
	41,3	0,98 ± 0,05	6,79 ± 0,27
	44,4	0,45 ± 0	6,63 ± 0,01
	45,9	0,42 ± 0,03	7,34 ± 0,06
CDC Kindersley	38,4	1,39 ± 0,05	5,82 ± 0,26
	39,3	1,14 ± 0,03	6,24 ± 0,03
	39,9	0,88 ± 0	5,85 ± 0,4
	41,4	0,55 ± 0,03	6,67 ± 0,16
	44,2	0,22 ± 0,01	6,38 ± 0,4
	45,7	0,11 ± 0	7,12 ± 0,11

Améliorer la salubrité des aliments à base de grains

Les consommateurs sont de plus en plus conscients des risques pour la salubrité des aliments, et les nouvelles avancées scientifiques et technologiques permettent de détecter les contaminants plus précisément que jamais. Découvrez comment nos scientifiques s'efforcent de trouver de nouvelles façons de rendre les aliments plus sûrs.



Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace

Sheryl Tittlemier, Ph. D.

Un meilleur échantillonnage pour de meilleurs résultats

Il peut être compliqué de vérifier la présence de contaminants dans le grain parce que certains contaminants trouvés dans les grains entiers ne sont pas répartis également entre les grains d'un échantillon de 1 000 grammes prélevé dans un conteneur de 55 000 tonnes. Cette répartition inégale (hétérogénéité) influe sur la mesure des contaminants dans les grains parce qu'elle contribue à la variabilité des résultats d'analyse.

Au cours de la dernière année, nous avons cherché à savoir comment rajuster l'échantillonnage et la préparation des échantillons afin de minimiser la variabilité des résultats d'analyse et, du coup, l'incertitude de mesure. L'incertitude de mesure est la plage dans laquelle la valeur réelle d'une mesure peut être prévue. Quand on réduit cette marge, on réduit l'incertitude.

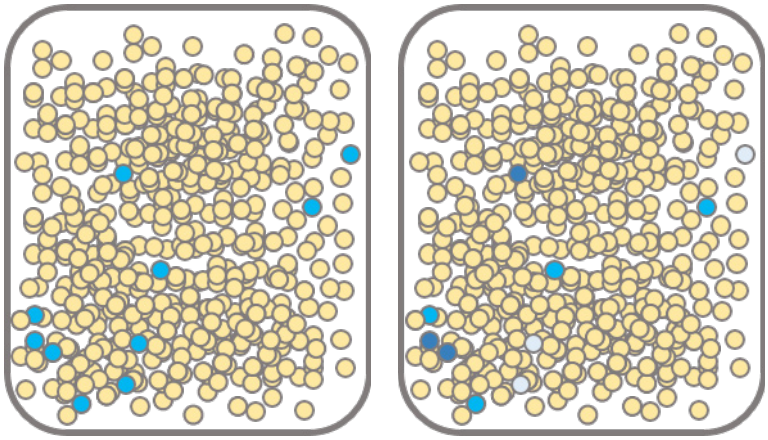


Figure 0 Illustration de l'hétérogénéité simple (gauche) et complexe (droite) des contaminants dans les grains

À quoi ressemble l'hétérogénéité?

Une façon facile de visualiser l'hétérogénéité est lorsque des grains comme le blé, le seigle ou l'orge, qui contiennent tous du gluten, se retrouvent avec des grains sans gluten, comme le lin, qui doivent être utilisés dans la production d'aliments sans gluten. Il s'agit d'un scénario moins complexe (figure 0, à gauche), car les semences contiennent du gluten (blé, seigle ou orge) ou n'en contiennent pas (lin).

Un exemple plus complexe d'hétérogénéité est la présence de mycotoxines comme le désoxynivalénol (DON) dans le blé. La teneur de DON dans un grain de blé peut varier grandement d'un grain à un autre (figure 0, à droite). Dans le cadre de l'un de nos projets de recherche, nous avons constaté que le DON variait de moins de 0,5 ppm (parties par million) à 260 ppm dans les grains de blé individuels qui présentaient divers degrés de dommages visibles causés par le *Fusarium* (figure 1).

Lin moulu pour l'analyse de la contamination par le gluten.

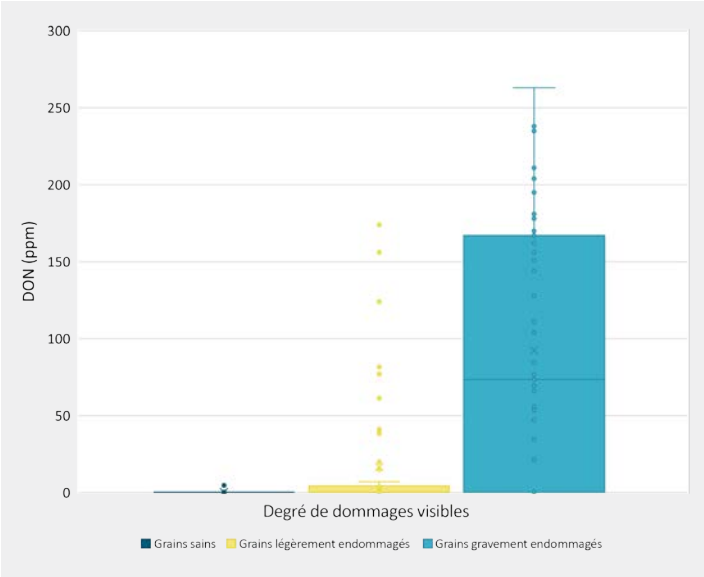


Figure 1 Gamme de concentrations de la mycotoxine désoxynivalénol (DON) observées selon différents degrés de dommages visibles causés par le *Fusarium*

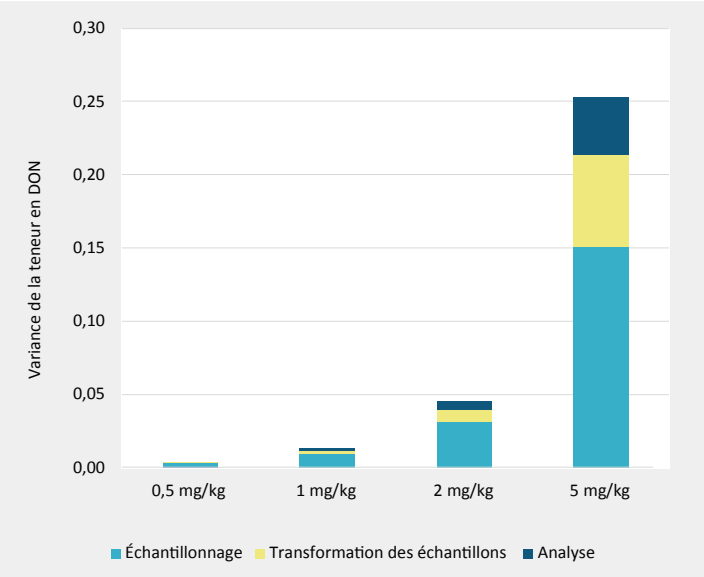


Figure 2 Importance relative des facteurs contribuant à la variabilité des résultats de l'analyse de la teneur en DON à différentes étapes de la procédure d'analyse

Analyse de la contamination par le gluten

Nous avons évalué deux plans de préparation d'échantillons dans le but de minimiser les effets de l'hétérogénéité des échantillons lors de l'analyse de la contamination par le gluten dans les oléagineux, les légumineuses et l'avoine. Aussi peu que quatre ou cinq grains de blé pourraient contaminer un échantillon d'un kilogramme de grains sans gluten, outrepasser les normes réglementaires et nuire aux consommateurs intolérants ou sensibles au gluten. Par conséquent, l'exactitude et la précision dans l'analyse du gluten sont importantes.

Étude de la variabilité des analyses de la teneur en DON

Nous avons analysé 16 lots de blé contenant de 0,26 à 25 ppm de DON. En collaboration avec des chercheurs de la North Carolina State University, nous avons divisé, préparé et analysé les lots de blé. Nous avons suivi un plan expérimental qui comprenait des essais répétés afin de pouvoir caractériser différentes sources de variabilité. Nous avons effectué près de 500 analyses de la teneur en DON dans le cadre du projet.

D'après les résultats (figure 2), le fait de prélever un plus grand échantillon de grains entiers est ce qui a le plus contribué à réduire la variabilité des résultats relatifs au DON. Ensuite, le fait de moudre plus de grains et la finesse de la mouture ont tous les deux permis de réduire la variabilité. La méthode utilisée pour mesurer la teneur en DON dans le blé est le facteur qui a eu le moins d'effet sur la variabilité des résultats.

Nous utiliserons les résultats obtenus dans le cadre du projet pour élaborer un modèle qui permettra aux utilisateurs d'établir des plans d'échantillonnage permettant d'obtenir un juste équilibre entre les risques liés à l'incertitude de mesure et la quantité d'essais requis pour minimiser ces risques.

Dans notre laboratoire nous avons comparé les éléments suivants des deux plans :

- la taille de l'échantillon et la finesse de la mouture (figure 2);
- la méthode de sous-échantillonnage du grain moulu;
- la masse de l'échantillon analysé.

Nous avons constaté les meilleures améliorations au chapitre de la variabilité de la teneur en gluten lorsque nous avons moulu plus de grains avant le sous-échantillonnage.

Remerciements

Les travaux sur le gluten ont été financés par Agriculture et Agroalimentaire Canada dans le cadre de « Cultivons l'avenir 2 », initiative fédérale-provinciale-territoriale prise dans le cadre du volet Systèmes d'assurance du programme Agri-marketing.

R-Biopharm AG, Allergen Control Group Inc. et l'Association canadienne de la maladie cœliaque ont aussi contribué à l'étude. Les inspecteurs de la Commission canadienne des grains des centres de service de Calgary, de Saskatoon et de Weyburn ont fourni leur expertise en matière d'inspection des grains.

Microbiologie

Tom Gräfenhan, Ph. D.

Enquête sur les agents pathogènes bactériens dans les grains

La salubrité des aliments est importante pour les consommateurs et constitue l'une des priorités absolues de l'industrie alimentaire. Les organismes de réglementation nationaux du monde entier, ainsi que des membres clés de l'industrie alimentaire, exigent une surveillance plus efficace et de meilleure qualité afin que les risques pour la santé soient gérés de manière plus proactive. Un certain nombre de menaces potentielles, d'origine chimique ou microbiologique, peuvent survenir à des points précis de la chaîne d'approvisionnement et de transformation des grains. En évaluant les contaminants microbiens dans les grains, le programme de microbiologie de la Commission canadienne des grains joue un rôle important dans la salubrité des aliments à base de grains.

Les bactéries alimentaires peuvent avoir un effet immédiat sur la santé humaine, causant des maladies ou même la mort en quelques jours. Dans le passé, les aliments à faible teneur en eau, comme les grains prêts à manger ou le blé de mouture, étaient considérés comme des produits à faible risque. L'absence d'une activité hydrique suffisante ou de températures optimales empêche habituellement la croissance des bactéries pathogènes. Pendant la préparation des aliments, les conditions deviennent toutefois plus propices à la croissance bactérienne, parfois à des niveaux pouvant entraîner une intoxication alimentaire.

Méthodes

En 2017, 30 cas confirmés d'empoisonnement alimentaire à la bactérie *Escherichia coli* productrice de vérotoxine ont été causés par de la farine de blé vendue au Canada. Il a été établi que la consommation de pâte crue était une source possible d'infection. En collaboration avec l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), nous avons examiné la présence et la fréquence de bactéries pathogènes comme *Listeria*, *Salmonella* et *E. coli* dans des échantillons de grain.

Aux fins d'analyse microbiologique, des échantillons de grain sont pesés dans des sac de plastique stériles et trempés dans un bouillon d'enrichissement sélectif.

L'appareil Pulsifier utilise des vibrations à haute fréquence pour homogénéiser un échantillon de grains entiers et ainsi mettre en suspension les microbes fixés à la surface.

Pour identifier et caractériser ces agents pathogènes importants, nous utilisons des méthodes de microbiologie classiques, des diagnostics biomoléculaires et le séquençage du génome entier. Pour analyser les grains crus, nous utilisons des méthodes semblables à celles que l'ACIA a mises au point pour analyser les échantillons de farine. Ce travail d'analyse nécessite souvent le recours à des laboratoires de confinement pour protéger notre personnel et nos échantillons à des fins de sécurité et d'assurance de la qualité.

Ajout d'une solution antibiotique aux échantillons pour inhiber la croissance des bactéries non prioritaires.

Sur des milieux de culture sélectifs (plaques), les bactéries pathogènes peuvent être identifiées au moyen de l'observation directe de caractéristiques distinctes, comme la couleur de la colonie bactérienne.

Durant l'enrichissement, il est essentiel de maintenir la température et les conditions propices à la croissance des bactéries en incubateur.

Bacillus cereus

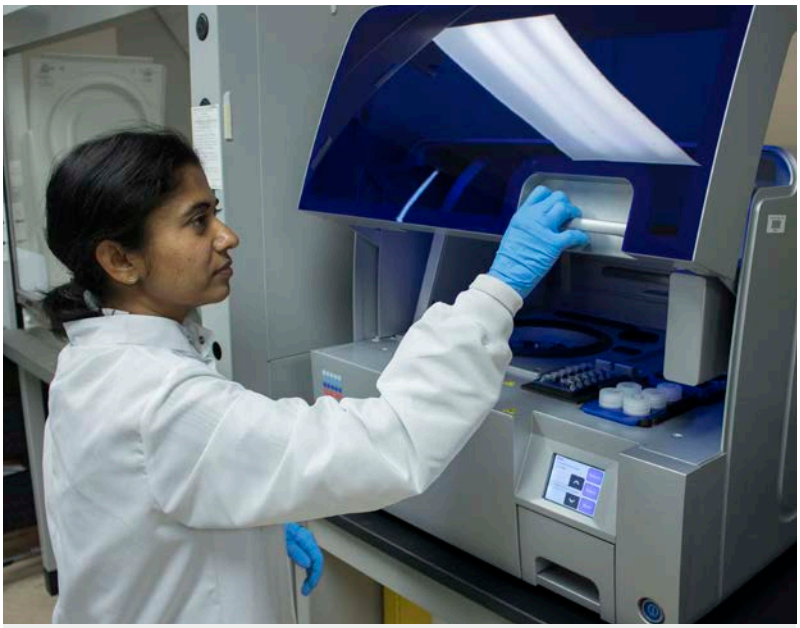
Après la récolte de 2017, nous avons analysé plus de 500 échantillons de blé et plus de 100 échantillons de lin pour détecter la présence de bactéries pathogènes pour l'homme. Aucun des échantillons n'était contaminé par les agents pathogènes prioritaires que nous tentions de déceler. Cependant, nous avons régulièrement détecté la bactérie sporulée *Bacillus cereus*, qui est couramment associée aux grains.

Bacillus cereus se trouve souvent dans le sol, la poussière et l'eau ou sur les plantes et la matière organique en décomposition. Fait intéressant, son espèce sœur, *B. anthracis*, est mieux connue parce qu'il s'agit du fameux agent responsable du charbon. Du point de vue génétique, les deux bactéries sont étroitement apparentées et appartiennent au groupe *B. cereus*.

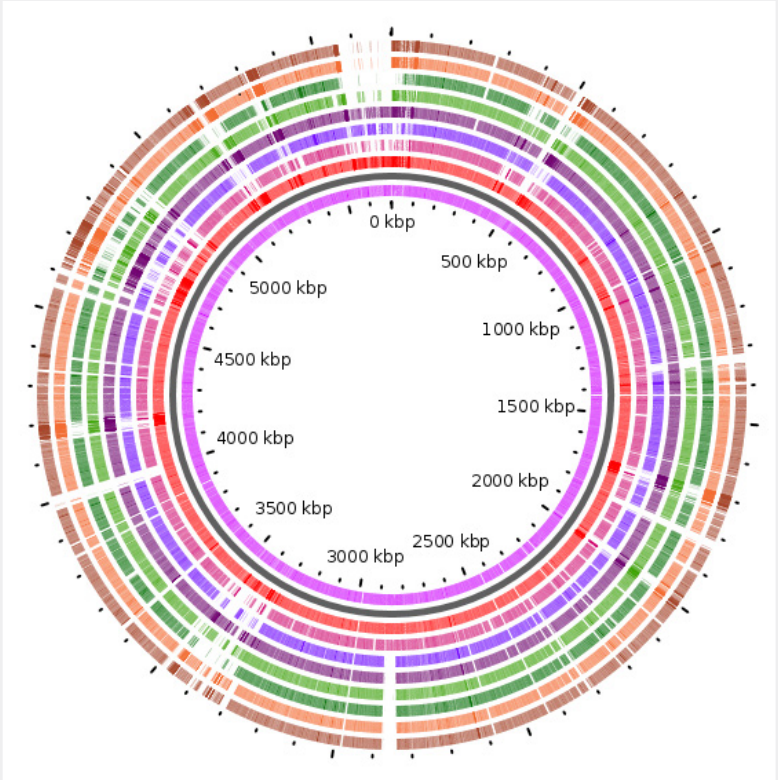
Certains membres de ce groupe peuvent aussi causer des intoxications alimentaires et des infections chez l'humain. Une forte contamination par des souches toxinogènes de *B. cereus* dans des aliments comme la viande, le lait, le fromage, les épices, le riz et les pâtes peut causer des vomissements ou la diarrhée. Notre étude récente a permis de révéler une faible fréquence de souches de *B. cereus* qui produisent la toxine émétique. Moins de 5 % des isolats provenant d'échantillons de grain montraient une propension à former la céréulide, un depsipeptide qui cause des vomissements.

Collaboration en matière de salubrité des aliments

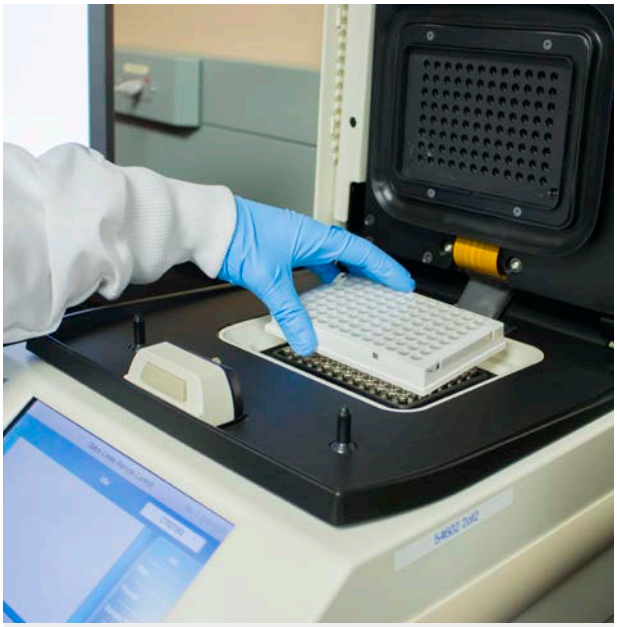
Avec nos partenaires de Génome Québec, du Laboratoire national de microbiologie et d'autres laboratoires de référence, nous avons adopté une approche collaborative en matière de salubrité des grains. Par exemple, nos partenaires fournissent du matériel de référence, du séquençage à haut débit et des calculs de haute performance qui sont essentiels à notre programme de recherche et de surveillance des agents pathogènes. Les données génomiques complètes et l'analyse bioinformatique sont devenues la nouvelle norme pour le typage bactérien, l'épidémiologie moléculaire et la pathogénomique. Les méthodes fondées sur la génomique sont utilisées non seulement pour identifier et caractériser les agents pathogènes d'origine alimentaire, mais aussi pour trouver la source responsable d'une contamination microbienne. Le séquençage du génome complet et l'analyse comparative des données fournissent de nouveaux renseignements sur les agents pathogènes, une meilleure résolution et une reproductibilité accrue. Par conséquent, notre laboratoire crée une capacité supplémentaire pour prévoir et atténuer le risque d'éclosion de maladies ou de barrières commerciales pour les expéditions de grain.



Un système automatisé d'extraction des acides nucléiques est un outil efficace permettant d'économiser du temps pour isoler l'ADN de bactéries.



Carte circulaire servant à la comparaison de génomes bactériens et mettant en évidence les régions génétiques qu'ont en commun les neuf cultures de la bactérie *E. coli* ayant fait l'objet d'un séquençage.



Des analyses biomoléculaires, comme la PCR en temps réel, sont effectuées pour détecter la présence d'agents pathogènes prioritaires, comme *Listeria*, *Salmonella* ou *E. coli* vérotoxinogène, dans des échantillons de blé.

Identification des variétés

De la restauration de l'accès aux marchés à la résolution de crimes

Dans un secteur des grains en évolution rapide, la capacité d'identifier rapidement et précisément la composition génétique d'un grain est devenue un outil essentiel pour résoudre divers problèmes. Qu'il s'agisse de prouver qu'une variété particulière de blé n'est pas présente dans le réseau canadien de manutention des grains ou de retourner des centaines de boisseaux de canola volés à son propriétaire légitime, les scientifiques de la Commission canadienne des grains ont joué un rôle vital dans la résolution des problèmes liés à l'identification des variétés, à l'identification des caractères et à la traçabilité.

Activités de surveillance et de recherche en matière d'identification des variétés

Daniel Perry, Ph. D.

Évolution de la surveillance des variétés de blé

Au cours des trois dernières décennies, le rôle de la surveillance des variétés dans le système canadien d'assurance de la qualité du blé et la technologie utilisée à cette fin ont considérablement évolué.

Lorsque la surveillance des variétés a été mise en œuvre, la distinction visuelle des grains (DVG) était une exigence d'enregistrement touchant les nouvelles variétés de blé de l'Ouest canadien. La DVG signifiait que toutes les variétés d'une classe se ressemblaient, ce qui facilitait la ségrégation des classes et le classement. Toutefois, des variétés non enregistrées pouvaient ressembler à des variétés enregistrées, ce qui pouvait nuire à la qualité. La surveillance des variétés pour confirmer que les bonnes variétés étaient présentes a permis d'assurer que le blé donnerait les résultats escomptés, protégeant ainsi la réputation de qualité constante du blé canadien.

Une technicienne identifie des variétés de blé en comparant les profils de bandes des gliadines à ceux de témoins de référence.

1990

Électrophorèse des protéines

À partir des années 1990, le Laboratoire de recherches sur les grains a utilisé l'électrophorèse des protéines pour assurer la surveillance des variétés de blé. Les protéines de type gliadines étaient extraites de grains individuels écrasés à l'aide d'alcool, séparées au moyen d'un gel d'acrylamide sous l'influence d'un courant électrique et colorées pour révéler des profils de bandes. Les techniciens identifiaient les variétés en comparant ces profils à ceux de témoins de référence, un processus qui exigeait beaucoup de compétence et de temps. Bon nombre de variétés de blé avaient des profils de gliadines exclusifs, mais certaines ne pouvaient être réduites qu'à un groupe de possibilités. Dans les cas où les possibilités incluaient des variétés admissibles et non admissibles, il nous fallait des méthodes de plus grande résolution.

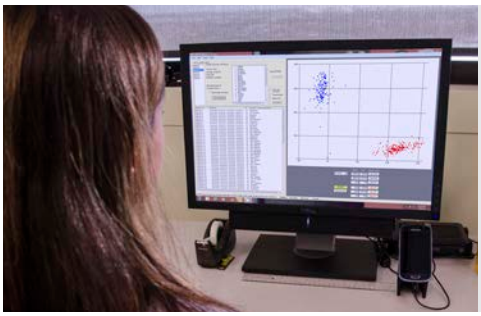
2005

Analyse de l'ADN

En 2005, nous avons commencé à ajouter de façon régulière l'analyse de l'ADN à l'électrophorèse des protéines. Lorsque nous avions besoin d'une identification plus précise pour un grain en particulier, nous utilisions le résidu de l'extraction des protéines pour déterminer le profil génétique du grain. Nous avons mis au point des méthodes de profilage fondées sur des régions variables de l'ADN, appelées « microsatellites ». Nous avons amplifié des ensembles spécifiques de microsatellites de l'ADN de chaque grain à l'aide de la PCR (réaction en chaîne par polymérase). Les fragments d'ADN résultants ont été séparés en fonction de leur taille au moyen d'un analyseur d'ADN automatisé équipé d'un système de détection par fluorescence pour créer des images de gel. Les techniciens devaient encore apparier manuellement les profils de bandes produits, mais la résolution entre les variétés était bien meilleure.

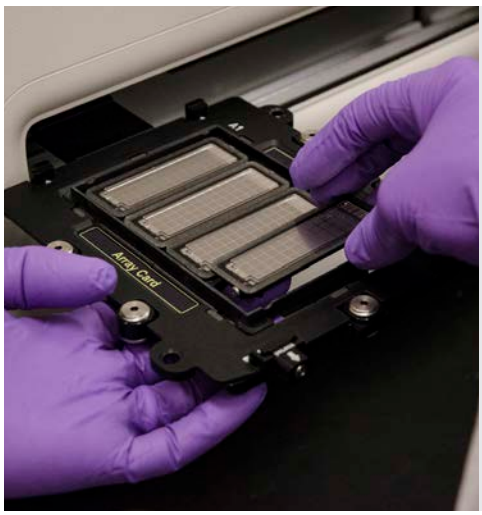
En 2008, la DVG a été supprimée des exigences d'enregistrement des variétés. L'industrie canadienne des grains a commencé à exiger que les producteurs déclarent qu'ils livraient une variété admissible, et la Commission canadienne des grains a accru la surveillance des variétés. La mise au point et l'enregistrement de nouvelles variétés de blé prennent des années, de sorte que toutes les répercussions de l'élimination de l'exigence de la DVG n'ont pas été ressenties immédiatement. L'une des premières difficultés importantes est survenue en 2015, lorsque plusieurs variétés de blé à rendement élevé et à faible teneur en protéines provenant des États-Unis ont été enregistrées au Canada. Ces variétés, qui ressemblaient au blé roux de printemps de l'Ouest canadien, ont finalement été assignées à la nouvelle classe Blé de force rouge du Nord canadien.

En 2018, l'initiative de modernisation des classes de blé a mis fin de façon définitive à l'ère de la DVG avec le passage de 25 variétés de la classe Blé roux de printemps de l'Ouest canadien et de 4 variétés de la classe Blé roux de printemps Canada Prairie à la classe Blé de force rouge du Nord canadien. Nous comptons maintenant plus que jamais sur les analyses en laboratoire pour assurer la surveillance des variétés.



Examen des résultats de la détermination automatisée de variétés effectuée au moyen de notre logiciel VID Inspector.

Un technicien pose une cassette de gel dans un analyseur d'ADN automatisé en vue de l'analyse des microsatellites de l'ADN.



Des plaques OpenArray sont placées sur un instrument aux fins d'analyse. Jusqu'à quatre plaques contenant les échantillons d'ADN de 384 grains de blé peuvent être analysées en même temps.

2011

OpenArray

En 2011, nous avons commencé à ajouter à l'électrophorèse des protéines un type différent d'analyse de l'ADN qui cible des positions précises dans l'ADN où nous savons qu'il existe de petites différences entre les variétés. Il peut s'agir d'une seule lettre modifiée dans le code de l'ADN ou d'un petit morceau d'ADN manquant ou ajouté. Nous évaluons ces cibles à l'aide de la technologie de génotypage OpenArray. Sur une plaque OpenArray, de la taille d'une lame de microscope, on peut analyser 32 cibles d'ADN dans chacun des grains d'un ensemble de 96 grains de blé. Les lectures de fluorescence sont effectuées à deux longueurs d'onde. L'intensité relative varie selon les séquences d'ADN présentes.

Nous avons mis au point un logiciel d'analyse de données qui interprète automatiquement les lectures obtenues avec la technologie OpenArray, qui crée un profil pour chaque grain et qui cherche une correspondance dans notre base de données de variétés. Cela a éliminé la nécessité d'interpréter manuellement les profils de bandes, ce qui était la partie la plus exigeante du travail. À la fin de 2015, nous utilisions exclusivement notre méthode OpenArray pour l'identification des variétés de blé.

Au cours de la campagne agricole 2017-2018, nous avons analysé environ 82 000 grains de blé. En 2018-2019, ce nombre pourrait presque doubler, car nous surveillons le déplacement de 29 variétés de blé depuis leur ancienne classe.

L'avenir

Préserver la qualité pour l'avenir

Dans un marché mondial en évolution, la surveillance des variétés joue un rôle important pour que les acheteurs de grain puissent se fier pleinement à la qualité du blé canadien. Nous continuerons d'évaluer et de mettre à l'essai de nouvelles technologies prometteuses de façon à ce que le système d'assurance de la qualité des grains du Canada soit prêt à réagir à tout problème futur.

Recherche sur la biotechnologie des grains

Tigst Demeke, Ph. D.

Détection et gestion des cultures génétiquement modifiées

En 2017, 189,8 millions d'hectares de plantes génétiquement modifiées (GM) ont été cultivés dans le monde. Cultivés dans 24 pays, le soja, le maïs, le coton et le canola sont les cultures issues de la biotechnologie les plus répandues. En 2017, 77 % du soja, 80 % du coton, 32 % du maïs et 30 % du canola cultivés dans le monde étaient génétiquement modifiés (source : International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications).

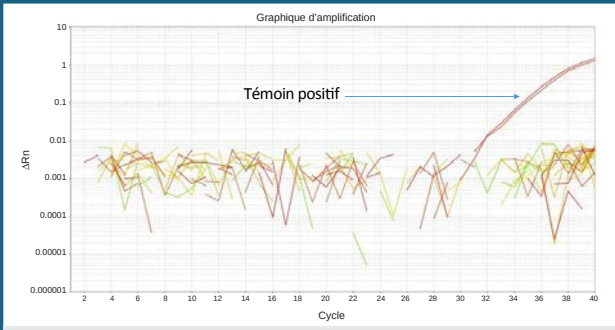
La présence imprévue de matériel GM non approuvé dans les expéditions constitue un défi pour le secteur des grains et des oléagineux. Si un matériel GM particulier n'a pas reçu l'approbation réglementaire dans un pays importateur, ce pays peut ne pas accepter les expéditions contenant l'organisme génétiquement modifié (OGM) en question.

Par exemple, le lin FP967 génétiquement modifié a été approuvé au Canada et aux États-Unis, mais pas dans les pays importateurs comme le Japon et les pays membres de l'Union européenne. L'Union européenne a une politique de tolérance zéro lorsqu'il s'agit d'expéditions contenant du lin FP967 génétiquement modifié. Les examens de détection du lin FP967 génétiquement modifié ont commencé en 2009 et se poursuivent à ce jour pour les expéditions vers l'Union européenne.

La production commerciale de blé génétiquement modifié n'a été approuvée nulle part dans le monde. Toutefois, depuis la fin des années 1990, des essais en champ sur du blé

Échantillon de blé à moudre

Moulin



Résultats de la PCR en temps réel

Figure 1 Lorsque nous recherchons du blé GM MON71200 dans les cargaisons, nous extrayons l'ADN d'une partie de l'échantillon moulu et utilisons la PCR, avec laquelle on n'obtient un signal qu'avec le témoin positif. Les échantillons analysés n'ont produit aucun signal, ce qui signifie qu'ils ne contiennent pas de blé GM MON71200.

génétiquement modifié ont été effectués au Canada et aux États-Unis. Monsanto était sur le point de commercialiser le blé Roundup Ready en 2004, mais l'entreprise a décidé de cesser la production commerciale en raison des préoccupations soulevées par les principaux acheteurs de blé nord-américains. Aux États-Unis, des cas isolés de présence de blé génétiquement modifié ont été découverts en Oregon (2013), au Montana (2014) et dans l'État de Washington (2016). Du blé génétiquement modifié MON71800 a été découvert en Oregon et au Montana, et du blé génétiquement modifié MON71700 a été découvert dans l'État de Washington. Il s'agissait d'incidents isolés, et le système de manutention des grains des États-Unis n'a pas été touché.

Le 14 juin 2018, l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) a annoncé publiquement qu'un petit nombre de plantes de blé tolérantes au glyphosate (blé GM MON71200) avaient été trouvées le long d'une route d'accès dans le sud de l'Alberta. Nous avons travaillé avec l'ACIA et d'autres partenaires fédéraux et provinciaux pour déterminer la meilleure façon de régler le problème.

Prouver que les expéditions de blé canadien sont exemptes d'OGM

Les essais effectués dans notre laboratoire et à l'ACIA ont permis de confirmer que le blé GM MON71200 n'était pas présent dans le réseau de manutention des grains du Canada. Nous avons commencé à analyser le blé chargé à bord de navires en juin 2018 afin de vérifier la présence de blé GM MON71200. Nous avons prélevé des échantillons de toutes les expéditions de blé exportées du Canada à partir de silos

Préparation d'ADN de blé pour l'essai visant le blé GM MON71200

terminaux, et les avons examinés. Nous avons transmis une lettre d'analyse aux clients, sur demande.

À la fin décembre 2018, nous avions évalué un total de 491 expéditions de blé chargé à bord de navires et n'avions détecté la présence de blé GM MON71200 dans aucun des échantillons analysés. Ces résultats démontrent de façon concluante que le blé canadien est exempt de blé génétiquement modifié MON71200.

Méthode d'essai

Notre analyse consiste à moudre un échantillon officiel de 400 g (environ 10 000 grains) de blé provenant d'une cargaison (figure 1). Nous utilisons une petite portion de l'échantillon moulu pour en extraire l'ADN en double. Cet ADN sert à détecter le blé GM MON71200 au moyen de la PCR (réaction en chaîne par polymérase). Nous utilisons la méthode de PCR fournie par l'ACIA qui est propre à l'OGM recherché. Dans ce cas, la méthode permet de détecter précisément le blé génétiquement modifié MON71200.

Échantillon de blé moulu

Trousse d'extraction de l'ADN

Instrument de PCR en temps réel

Instrument de mesure de la quantité d'ADN

Oléagineux

Véronique Barthet, Ph. D.

Utilisation de profils d'analyse chimique pour identifier des échantillons de colza

Cas

À la recherche de grain volé, la Gendarmerie royale du Canada (GRC) a prélevé des échantillons de canola dans des cellules à grain de producteurs et dans des chargements livrés à des silos. L'analyse chimique des échantillons faite par la GRC a montré que deux échantillons étaient statistiquement similaires sur le plan chimique. Cependant, aucune étude n'a permis d'établir si et comment la similarité sur le plan chimique pouvait être utilisée pour déterminer si des échantillons de canola proviennent de la même source.

Quelle est la probabilité que deux échantillons ayant le même profil chimique proviennent de sources distinctes? Nous devions évaluer si nous pouvions utiliser les profils chimiques pour classer correctement les échantillons de canola dont la provenance est inconnue.

Enquête

Les données concernant l'ADN ne suffisent pas pour confirmer que deux échantillons de grain proviennent de la même cellule à grain parce que les mêmes variétés de grain sont cultivées à plusieurs endroits au Canada. La génétique (la variété) ainsi que les conditions météorologiques et les conditions du sol régissent les paramètres de qualité du canola.

Nous avons mis au point un programme de regroupement d'échantillons aléatoires fondé sur une comparaison appariée à chaque observation de la base de données, pour chaque paramètre de qualité. Nous avons estimé la variance dans l'appariement des échantillons aléatoires en fonction d'identités connues compte tenu de la similitude de la valeur de leurs paramètres. Nous avons obtenu les variances permises pour chaque paramètre à partir d'analyses statistiques antérieures, en fonction de la répétabilité et de la reproductibilité du test. Les variations (écarts-types) tenaient compte des erreurs attribuables à l'analyse et à l'échantillonnage. Nous avons utilisé la variance connue dans l'analyse de chaque paramètre pour apparier des échantillons semblables. Par exemple, un échantillon ayant une teneur en huile de 43,5 % et un échantillon ayant une teneur en huile de 43,2 % ont été jugés identiques parce que la variance était de ±0,3 % en ce qui concerne l'analyse de la teneur en huile.

Nous avons créé une base de données de 22 277 échantillons de canola pour permettre la comparaison par paires, notamment en fonction de la campagne agricole, du grade, de la variété, de l'indice d'iode, ainsi que de la teneur en huile, en protéines, en glucosinolates, en chlorophylle, en acide oléique, en acide linolénique et en gras saturés (tableau 1). Les variables fixes utilisées étaient : a) le grade, b) la classe et c) la variété. Avec ces paramètres, nous avons trouvé de 5 à 6433 paires possibles. Nous avons ensuite utilisé la composition chimique des échantillons pour établir d'autres appariements possibles.

En réduisant le nombre de paires en fonction de la teneur en protéines, on n'a identifié qu'une seule paire d'échantillons de colza à haute teneur en acide érucique probablement parce que la base de données ne contenait que 235 échantillons de colza à haute teneur en acide érucique. Cette paire était similaire sur le plan chimique et représentait 0,85 % des échantillons de colza à haute teneur en acide érucique.

Lorsque la teneur en huile et la teneur en glucosinolates ont aussi été prises en compte, le nombre de possibilités a baissé considérablement, et certaines paires ont été révélées. Cependant, il n'a pas été possible de mettre totalement en correspondance certains échantillons de colza à faible teneur en acide érucique et de *B. napus* à faible teneur en acide linolénique. Nous avons fini par séparer les paires selon la composition partielle en acides gras (acide oléique, acide linolénique et teneur en gras saturés).

Nous avons trouvé cinq paires d'échantillons de canola de qualité semblable et de variété connue, ce qui signifie que seulement 0,045 % des échantillons de variété connue de notre base de données étaient similaires sur le plan chimique.

Les échantillons appariés ont tous été cultivés la même année et à proximité géographique l'un de l'autre, à l'exception d'une paire cultivée dans des provinces différentes.

Par ailleurs, 33 paires d'échantillons, soit 0,30 % des échantillons de la base de données, provenaient de variétés inconnues et étaient similaires sur le plan chimique. Plus de quatre années séparent le moment où trois de ces paires ont été cultivées; nous avons supposé que ces 3 paires n'appartenaient probablement pas à la même variété. Seules 30 paires d'échantillons ont pu être ajoutées aux cinq paires précédentes.

Résultats devant les tribunaux

La probabilité que deux échantillons ayant la même composition chimique proviennent de sources différentes est extrêmement faible. Sur 22 277 échantillons, 35 paires d'échantillons de qualité semblable ainsi que de classe, de sous-classe, de grade et de variété identiques ont été trouvées. Au mieux, 0,30 % des échantillons de canola cultivés au Canada sont identiques selon la classe, la sous-classe, la variété et la composition chimique.

Nous avons fourni des documents qui ont été déposés devant les tribunaux et avons aidé la Couronne à mener son affaire à bien. Au bout du compte, la personne concernée a été déclarée coupable de possession de biens volés.

Tableau 1 Paramètres de la base de données utilisés pour la comparaison des paires. Données recueillies de 2000 à 2010 dans le cadre de l'enquête sur les récoltes de la Commission canadienne des grains.

Variable	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Classe	*B. napus*		*B. rapa, B. napus et B. juncea*		*B. napus*	
Sous-classe	Colza à haute teneur en acide érucique		Colza à faible teneur en acide érucique		Colza à faible teneur en acide linolénique	
Nombre d'échantillons par sous-classe	235		20 468		2 221	
Nombre d'échantillons de diverses variétés	3		287		65	
Nombre d'échantillons par variété	39	138	1	1 115	1	193
Nombre d'échantillons de variétés inconnues	58		6 436		278	
Teneur en huile (%, à 8,5 % d'humidité)	38	50	31,4	52,2	13,1	51,5
Teneur en protéines (%, à 8,5 % d'humidité)	17,3	29,2	14,5	31,5	13,8	30,5
Teneur en glucosinolates (umol/g de graine)	3,1	18,1	0	38,2	1	28,2
Teneur en chlorophylle (mg/kg)	0	128,3	0	211,6	0	161
Teneur en acide oléique (% dans l'huile)	9,9	38,4	0	74,7	57,6	79,3
Teneur en acide α-linolénique (% dans l'huile)	6,7	12,7	0	16,6	0,2	12,8
Teneur totale en gras saturés (% dans l'huile)	4,5	5,9	0	9,5	5,4	8,2
Indice d'iode (unités)	96,6	112,2	0	132	90,7	114,8

Depuis le début des années 2000, le canola est la cible de bandits. Les voleurs s'emparent du contenu de cellules à grain laissées sans surveillance, ce qui fait perdre des dizaines de milliers de dollars aux agriculteurs des Prairies. Ces cambrioleurs éhontés peuvent voler quelques centaines de boisseaux dans une cellule à grain, les livrer à un exploitant de silo et repartir avec un chèque. Les agriculteurs qui ne vérifient pas régulièrement leurs cellules ne savent peut-être pas si le canola a été volé ou quand le vol a eu lieu.

Même lorsqu'un agriculteur signale un vol de canola à la GRC, il est très difficile de prouver que le canola provient d'une cellule en particulier. En 2012, la GRC a communiqué avec Mme Barthet, Ph. D., pour voir si elle pouvait prouver que des centaines de boisseaux de canola volé provenaient en fait de la cellule à grain du plaignant.

Grâce à sa recherche, Mme Barthet a pu prouver que les grains volés vendus à un silo primaire correspondaient au canola appartenant à la victime[1].

[1] Mallory Procunier, « Vols de récoltes : Prévention des vols de canola dans le Canada rural », *Gazette : Gendarmerie royale du Canada*, vol. 74, nº 2, 2012, p. 14.

NO .028 S
NO 6.5 RH