



ISSN 2371-0438



LABORATOIRE DE RECHERCHES SUR LES GRAINS

Rapport annuel sur les programmes

2021



Commission canadienne
des grains

Canadian Grain
Commission

Canada

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 établit et maintient des normes de qualité visant les grains canadiens. Elle réglemente la manutention des grains au Canada et veille à ce que le grain soit un produit fiable à livrer sur les marchés intérieurs et étrangers.

VISION

du Laboratoire de recherches sur les grains

Être le principal fournisseur de données scientifiques en vue d'assurer la qualité et la salubrité des grains pour le secteur canadien des grains et les intervenants.

MISSION

du Laboratoire de recherches sur les grains

- Entreprendre et promouvoir de la recherche sur les grains et les produits céréaliers en vue d'assurer la qualité et la salubrité des grains canadiens pour les marchés intérieurs et étrangers.
- Renforcer la qualité marchande des grains canadiens grâce à la recherche, à l'évaluation de la fonctionnalité à l'utilisation finale, à la surveillance et aux services analytiques.
- Anticiper les besoins de la chaîne de valeur des grains, grâce à l'interaction avec le secteur des grains et les intervenants, et y répondre.
- Offrir le fondement scientifique pour l'établissement et le maintien de normes de qualité et de salubrité visant les grains canadiens.

Table des matières

- 3** Message de la directrice
- 4** Laboratoire de recherches sur les grains
- 5** Statistiques et faits
- 6** Médias sociaux

Programmes de recherche sur les cultures

- 8** Recherche sur le blé panifiable et le blé dur
- 12** Mouture et maltage - Recherche sur l'orge et d'autres grains
- 16** Oléagineux
- 18** Recherche sur les légumineuses

Programmes de recherche sur les technologies

- 22** Services analytiques
- 24** Biotechnologie des grains
- 26** Microbiologie et génomique des grains
- 28** Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace

This publication is available in English.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par la ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada, 2022



Message de la directrice

Esther Salvano, Ph. D.

Directrice générale

Laboratoire de recherches sur les grains

esther.salvano@grainscanada.gc.ca

Je suis ravie de vous présenter le Rapport annuel sur les programmes du Laboratoire de recherches sur les grains 2021. Tout en respectant les restrictions liées à la COVID-19, nous avons poursuivi nos activités de recherche, de surveillance, d'analyse et de développement. Le travail à distance a été amélioré cette année grâce à la mise en œuvre de systèmes donnant un accès virtuel à certains équipements de laboratoire. Je suis fière de l'engagement et du dévouement dont ont fait preuve les employés dans le cadre de l'exécution de nos programmes. Cette année, l'American Oil Chemists Society a décerné le premier prix à notre programme des Oléagineux dans le domaine de l'analyse par chromatographie gazeuse, et l'équipe des Services analytiques a obtenu l'accréditation du Conseil canadien des normes, membre de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), pour trois méthodes d'analyse.

Plusieurs changements importants se sont produits au sein du Laboratoire de recherches sur les grains en 2021. Daniel Perry, Ph. D., a pris sa retraite après 20 ans de service, et je le remercie de toutes ses contributions au programme de Recherche et surveillance en matière d'identification des variétés. La recherche liée à l'identification des variétés relève maintenant du programme de Microbiologie et génomique des grains, tandis que le programme de Biotechnologie des grains assure la surveillance des variétés. De plus, les services d'analyse offerts par l'équipe des Services à l'industrie ont été intégrés à l'unité des Services analytiques du Laboratoire de recherches sur les grains. Cette mesure permettra de renforcer l'orientation scientifique de ces activités d'analyse, d'améliorer la prestation de services et de maintenir des liens solides avec les intervenants du secteur.

En vue de l'avenir, nous avons élaboré le cadre opérationnel 2022-2027 du Laboratoire de recherche sur les grains. Ce plan stratégique orientera nos activités pour les cinq prochaines années et repose sur quatre piliers interreliés :

- la science et l'innovation;
- les personnes;
- la communication et le transfert de connaissances;
- l'infrastructure et la technologie de pointe.

Afin d'assurer la bonne mise en œuvre du plan quinquennal, nous avons entrepris une consultation sur la stratégie scientifique dans le but de permettre aux parties intéressées de fournir leurs commentaires sur les activités de recherche et les activités scientifiques de la Commission canadienne des grains.

Le rapport annuel de cette année souligne certaines des nombreuses façons dont nous appuyons les producteurs et autres membres du secteur des grains. Le personnel des laboratoires de recherche sur les cultures s'est penché sur la façon dont le mildiou affecte la fonctionnalité du blé, a étudié les effets des prétraitements sur la qualité de la farine de légumineuses, a évalué le potentiel brassicole de l'orge à grains nus et a continué d'élaborer des modèles mathématiques pour évaluer la qualité des oléagineux. Des articles produits par le personnel de nos laboratoires de recherche sur les technologies expliquent comment celui-ci vérifie l'exactitude des instruments grâce à des services d'essais de contrôle, utilise des empreintes chimiques pour identifier les microbes, analyse les semences soupçonnées d'être traitées avec des pesticides et utilise des analyses fondées sur l'ADN pour surveiller les exportations de grain.

Nous sommes heureux de poursuivre notre travail en 2022. Nous continuerons de nous adapter et de trouver des façons nouvelles et innovantes de mener et de promouvoir nos travaux de recherche au profit du secteur des grains du Canada. Je vous remercie de lire le rapport, et au plaisir de lire vos commentaires!

Laboratoire de recherches sur les grains

La recherche réalisée au Laboratoire de recherches sur les grains de 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 pour l'utilisation finale. Elle permet également de mettre en valeur 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 mettre au point 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
- Mouture et maltage - Recherche sur l'orge et d'autres grains
- Oléagineux
- Recherche sur les légumineuses



Programmes de recherche sur les technologies

- Biotechnologie des grains
- Microbiologie et génomique des grains
- Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace
- Services analytiques



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.

[Programme d'échantillons de récolte](#)



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.

[Demandes de services d'analyse](#)



Évaluation des lignées des sélectionneurs

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



Laboratoire de recherches sur les grains

Statistiques et faits

Rapports sur la qualité

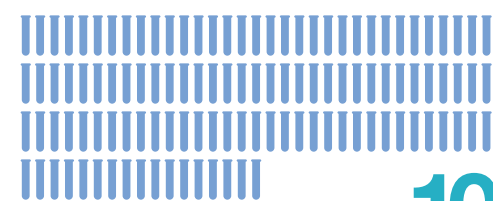
Nous publions des rapports annuels sur les cultures et les récoltes. Nous publions aussi des [rapports d'enquête annuels sur les grains fusariés](#) à partir des échantillons soumis dans le cadre du Programme d'échantillons de récolte.

Le Programme d'échantillons de récolte a reçu

10 958 échantillons
de la campagne agricole 2020-2021.



Nous avons analysé **4 006**
échantillons de cargaisons.



Nous utilisons actuellement
méthodes d'essai
différentes.

107 24 articles
publiés
dans des revues
scientifiques



Les **21 GRAINS** réglementés
par la Commission canadienne
des grains s'inscrivent
dans la portée des
activités du LRG :



- Avoine
- Blé
- Canola
- Colza
- Féveroles
- Graine à canaris

- Graine de carthame
- Graine de moutarde
- Graine de soja
- Graine de tournesol

- Grain mélangé
- Haricots
- Lentilles
- Lin
- Maïs
- Orge

- Pois
- Pois chiches
- Sarrasin
- Seigle
- Triticale

Nous avons
analysé

8 946



l'indice de chute et
la teneur en DON de
échantillons de blé.

Nous avons fait

1 606 essais
en réponse à des
demandes de services
de clients externes,
dont **170** essais de
sélection.



Les demandes les
plus fréquentes visaient
l'analyse NIR de graines entières et
la composition en acides gras du canola,
l'analyse de l'ADN de bactéries et
de champignons, et l'analyse rapide
de la teneur en eau.

23 exposés
présentés
lors de réunions scientifiques

Laboratoire de recherches sur les grains

Médias sociaux

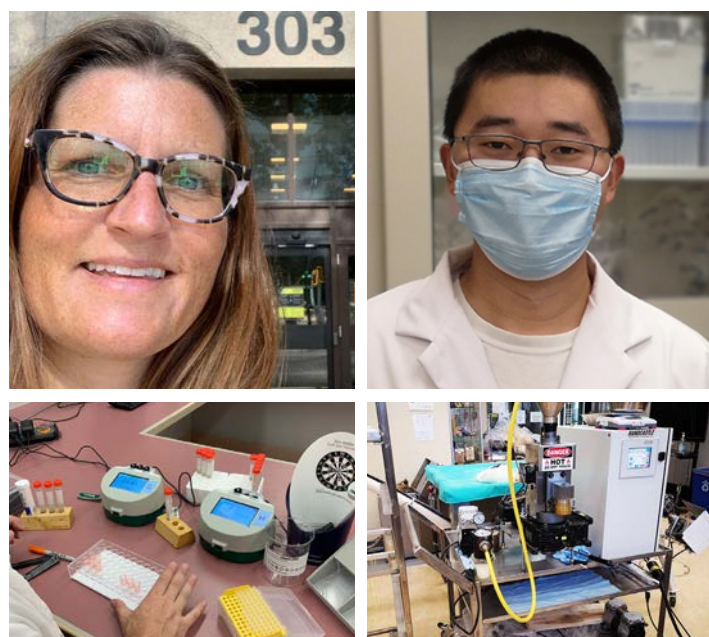
Promotion des programmes et services

Le Laboratoire de recherches sur les grains utilise les médias sociaux pour établir des liens avec les producteurs et d'autres membres du secteur des grains. Il fait la promotion de ses programmes et de son personnel, communique des renseignements à jour sur ses services et ses travaux de recherche, et répond aux questions et aux préoccupations.



Mise en commun de l'expertise

En 2021, des employés du Laboratoire de recherches sur les grains ont pris part à trois prises de contrôle du compte Twitter afin de faire découvrir ses méthodes et son équipement aux producteurs et autres abonnés au compte de la Commission canadienne des grains. Kerri Pleskach a offert une visite des laboratoires du Programme d'échantillons de récolte dans le cadre de laquelle les abonnés pouvaient suivre le cheminement d'un échantillon à la Commission canadienne des grains. Pendant la Semaine de la culture scientifique, Ann Puvirajah a donné un aperçu des coulisses du labo des oléagineux, et Kun Wang, Ph. D., a expliqué le fonctionnement du labo axé sur le blé dur.



Rapports de recherche

En plus de son rapport annuel, le Laboratoire de recherches sur les grains produit des rapports sur la qualité d'utilisation finale des grains canadiens. La promotion de ces rapports auprès du secteur des grains comprend des publications dans les médias sociaux.

[Qualité des récoltes et des exportations de grain](#)



Progrès dans les sciences agricoles

Des résumés en langage clair et simple de documents scientifiques rédigés par des chercheurs du Laboratoire de recherches sur les grains sont affichés sur notre site Web, sous la rubrique [Progrès dans les sciences agricoles](#). Ces courts articles présentent nos constatations les plus récentes au secteur des grains et au grand public et indiquent leurs répercussions sur les producteurs canadiens. Dans le but d'atteindre un public plus vaste, ces résumés sont mis en valeur sur Twitter et Facebook.



Notre étude a révélé que les producteurs d'orge ayant une récolte qui affiche une teneur trop forte en protéines pour être de qualité brassicole pourraient avoir un autre choix.

Marta S. Izydorczyk, Ph. D.
Scientifique et gestionnaire de programme,
Mouture et maltage – Recherche sur l'orge et d'autres grains
Laboratoire de recherches sur les grains



Les secteurs de l'agriculture et de l'alimentation ont besoin de moyens rapides et fiables pour prédire la qualité fonctionnelle et la qualité d'utilisation finale du blé et de la farine. Les essais réalisés avec des échantillons de farine entière et l'instrument GlutoPeak sont une solution.

Bin Xiao Fu, Ph. D.
Scientifique et gestionnaire de programme,
Recherche sur le blé panifiable et le blé dur
Laboratoire de recherches sur les grains

Histoire du Laboratoire de recherches sur les grains

Afin d'illustrer à quel point le Laboratoire de recherches sur les grains a changé au fil des ans, sur le plan des outils, des techniques et du personnel, nous publions des photos historiques accompagnées du mot-clic #JeudiRétro.



Données qualitatives à jour

Des données à jour sur la qualité des récoltes et des exportations de grain sont publiées régulièrement sur notre site Web. En suivant nos comptes de médias sociaux, les intervenants du secteur des grains ont accès aux données les plus récentes du Laboratoire de recherches sur les grains.



Pour rester au fait de nos activités, poser des questions ou obtenir les dernières nouvelles, suivez-nous sur Twitter (@Grains_Canada) ou sur Facebook (@CommissionCanadienneDesGrains).



Recherche sur le blé panifiable et le blé dur

Bin Xiao Fu, Ph. D.

binxiao.fu@grainscanada.gc.ca

Base scientifique du système de classement du blé

Le programme de Recherche sur le blé panifiable et le blé dur soutient tous les participants de la chaîne de valeur du blé : les sélectionneurs, les producteurs, les exportateurs et les clients. Nos travaux de recherche visent à comprendre les incidences des propriétés physicochimiques et biochimiques du blé sur la qualité des grains. Les résultats sont communiqués à la fois à la communauté scientifique et aux intervenants du secteur des grains. Nous travaillons par ailleurs à l'élaboration de nouvelles méthodes d'évaluation de la qualité du blé. L'une de nos principales activités consiste à fournir une base scientifique pour l'établissement de seuils de tolérance pour les différents grades de blé. Pour ce faire, nous déterminons les relations qui existent entre les dommages évalués visuellement et les qualités fonctionnelles du blé panifiable et du blé dur. D'autres activités consistent à effectuer les évaluations de qualité nécessaires à l'enregistrement de nouvelles lignées de blé mises au point par les sélectionneurs et à surveiller la qualité des cargaisons de blé destinées à l'exportation.

Effet des dommages causés par le mildiou sur la fonctionnalité du blé

Les grains de blé mildioués présentent une décoloration grisâtre à noire causée par des champignons qui se développent lorsque l'humidité est excessive avant la récolte. Le mildiou n'est généralement pas considéré comme un risque toxicologique, mais il peut affecter la qualité d'utilisation finale du blé. Les grains mildioués sont classés en les comparant à des échantillons-types qui correspondent visuellement aux différents degrés d'infection (condition).

Les dommages causés par le mildiou peuvent avoir d'importantes répercussions économiques pour les producteurs canadiens. Afin de répondre aux préoccupations des producteurs qui estiment que les échantillons-types servant à l'évaluation visuelle du mildiou sont trop stricts, nous avons mené une étude afin de mieux comprendre la relation entre les grains mildioués et les qualités d'utilisation finale du blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS). Le but de notre étude était de fournir une base scientifique pour toute modification apportée aux échantillons-types servant à évaluer les grains mildioués dans le cadre du classement du blé CWRS.

Des échantillons présentant différents degrés d'infection par le mildiou ont été testés pour déterminer le rendement à la mouture, la couleur des feuilles de pâte et les piqûres, l'activité de l'alpha-amylase (viscosité maximale à l'amylographe), les propriétés de la pâte, la force du gluten et la qualité boulangère. Pour s'assurer que le mildiou était le seul facteur évalué, les échantillons qui étaient simultanément endommagés par d'autres facteurs de classement ont été exclus de l'étude.

Principaux résultats

- L'incidence du mildiou sur le rendement à la mouture du blé et le raffinage de la farine (cendres) était négligeable. Le rendement en farine était un peu plus faible uniquement dans le cas des échantillons de grade Fourrager OC (tableau 1), tandis que le raffinage de la farine était comparable entre les différents grades.
- Aucune relation n'a été trouvée entre le degré de grains mildioués et la force du gluten, les propriétés de la pâte et la qualité boulangère (figures 1 et 2). L'absorption d'eau au farinographe et la durée de stabilité étaient cependant généralement inférieures dans le cas des échantillons de grade Fourrager OC.
- La proportion de grains vitreux durs était faible dans les échantillons classés no 3 et Fourrager OC. Le poids spécifique était légèrement inférieur dans le cas des échantillons de grade Fourrager OC.
- Un degré plus élevé de mildiou est généralement associé à une activité d'alpha-amylase plus élevée, comme l'indique une viscosité maximale à l'amylographe plus faible (tableau 1). Cependant, les échantillons classés de grade Fourrager OC en raison de la présence de mildiou peuvent avoir un indice de chute supérieur à 300 secondes.

Les résultats de notre étude ont démontré que le mildiou, tel qu'il est évalué actuellement, a une incidence relativement faible sur la qualité d'utilisation finale. Le mildiou pourrait toutefois servir d'indicateur pour signaler une activité d'alpha-amylase potentiellement élevée lorsque la germination n'est pas visible. Nos résultats ont été présentés lors des réunions des comités de normalisation des grains de l'Est et de l'Ouest tenues en 2021 et ont fourni un fondement scientifique pour appuyer une augmentation des degrés acceptables d'infection par le mildiou dans le cadre du classement du blé CWRS. La proposition d'augmenter le seuil de tolérance du mildiou dans les échantillons-types servant à l'évaluation visuelle du mildiou, une fois approuvée et mise en œuvre, aura une incidence économique positive importante pour les producteurs de blé canadiens.

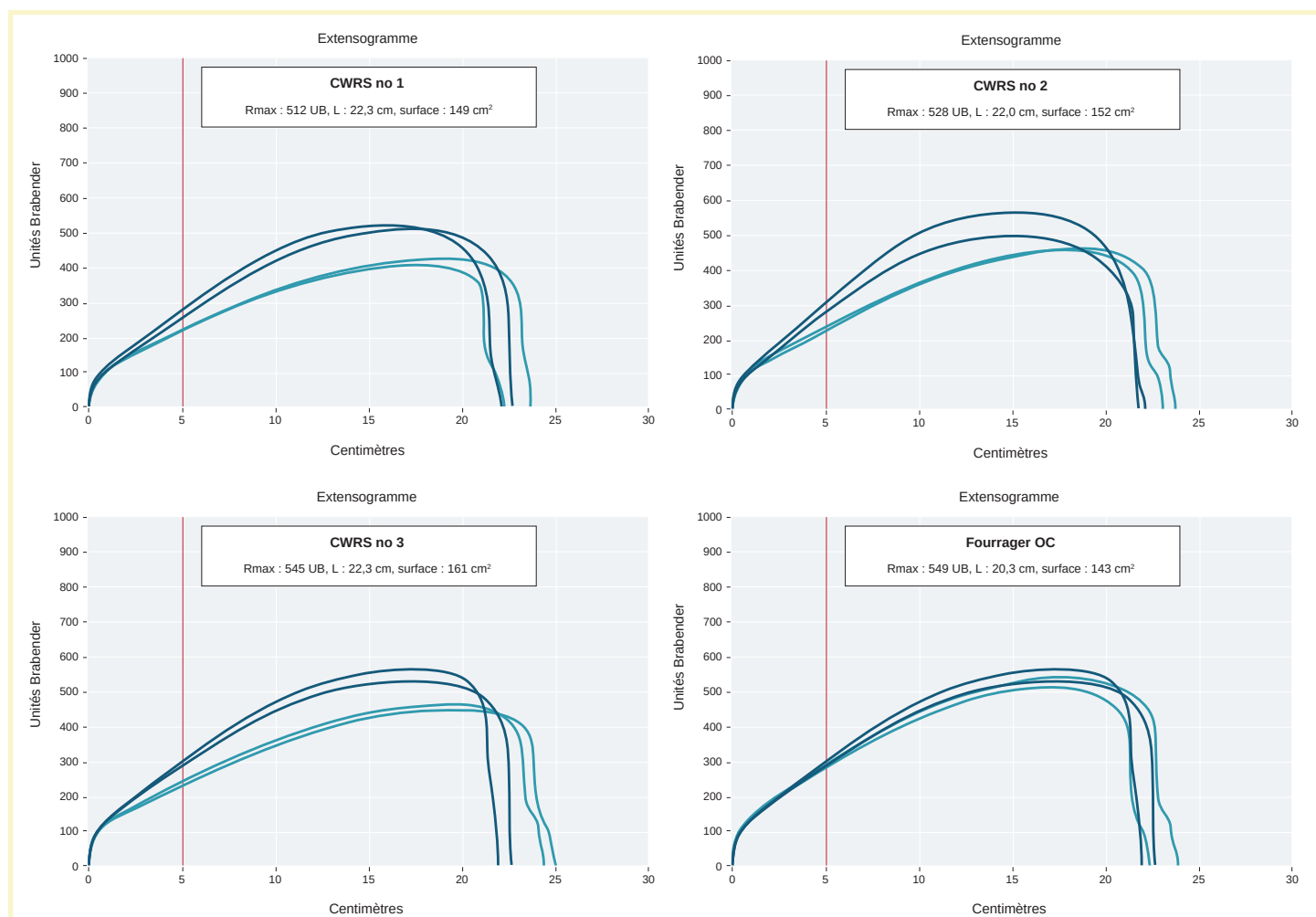


Figure 1 Extensogrammes de pâtes préparées à partir de blé rouge de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) classé selon différents degrés de grains mildiousés. La hauteur maximale d'une courbe (Rmax) en unités Brabender (UB) indique la résistance à l'extension de la pâte tandis que la longueur d'une courbe (L) en centimètres (cm) indique l'extensibilité de la pâte. La surface sous une courbe est une mesure de la résistance et de l'extensibilité combinées.



CWRS no 1

Volume du pain : 993 cm³/100 g, LTR : 0,63



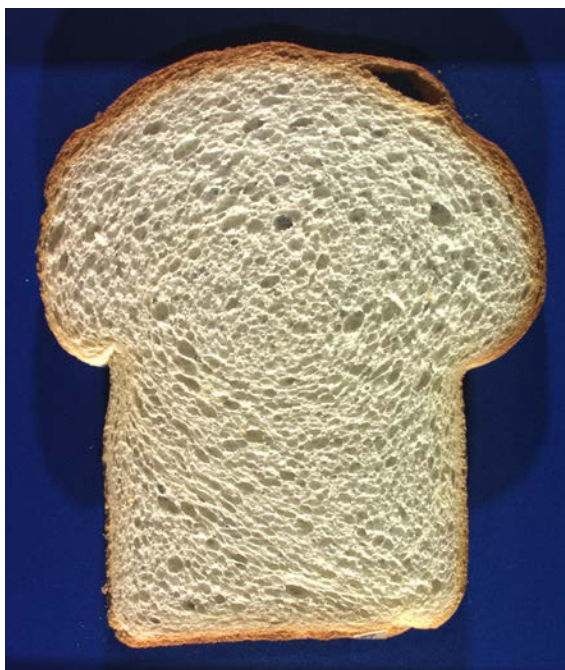
CWRS no 2

Volume du pain : 1014 cm³/100 g, LTR : 0,63



CWRS no 3

Volume du pain : 990 cm³/100 g, LTR : 0,64



Fourrager OC

Volume du pain : 1020 cm³/100 g, LTR : 0,62

Figure 2 Pains fabriqués avec du blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) classé selon différents degrés de grains mildiousés. Le volume des pains est mesuré en centimètres cubes (cm³) par 100 grammes (g) de farine. Le ratio du haut du pain (LTR) est calculé selon la formule (hauteur du pain - hauteur du moule)/largeur du pain, et il est une mesure de la forme du dessus du pain.

Tableau 1 Rendement à la mouture et activité de l'alpha-amylase de blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) classé selon différents degrés de grains mildiousés.

Paramètre de qualité	CWRS no 1	CWRS no 2	CWRS no 3	Fourrager OC
Rendement à la mouture (blé propre), %	75,4	75,8	75,7	75,1
Teneur en cendres de la farine (taux d'extraction de 74 %), %	0,48	0,44	0,43	0,44
Indice de chute (grains entiers moulus), secondes	420	335	315	300
Viscosité maximale de la farine à l'amylographe (taux d'extraction de 74 %), UB	695	410	365	290

Mobilisation du secteur des grains

En 2021, l'équipe du programme de Recherche sur le blé panifiable et le blé dur a communiqué ses résultats de recherche sur le mildiou et le poids spécifique aux membres du Comité de normalisation des grains de l'Ouest et aux membres du Comité de normalisation des grains de l'Est pour faciliter leur processus décisionnel sur la base de données scientifiques. Nous avons également effectué des évaluations de qualité dans le cadre de neuf essais d'enregistrement de blé et généré des données qualitatives pour plus de 150 nouvelles lignées de blé afin de soutenir le processus d'enregistrement du blé canadien. Nous avons participé aux réunions du Comité de développement des grains des Prairies de 2021 à titre de membres votants de l'équipe d'évaluation de la qualité du blé. Fu, Wang et Isaak ont participé à plus de 30 réunions individuelles avec des acheteurs clés de blé canadien du monde entier et ont communiqué des informations sur les caractéristiques qualitatives du blé récolté en 2021 en fonction des échantillons reçus dans le cadre du Programme d'échantillons de récolte.

Publications récentes

Wang, K., J. Sangha, R. Cuthbert, et B.X. Fu. « Effectiveness and biochemical basis of wholemeal GlutoPeak test in predicting water absorption and gluten strength of Canadian hard red spring wheat », *Cereal Chemistry*, vol. 98, no 4 (2021), p. 878-890.

<https://doi.org/10.1002/cche.10430> (en anglais)

Bacala, R., B.X. Fu, K. Cordova, K., et D. Hatcher. « Wheat *Fusarium* protease specificity and effect on dough properties », *Foods*, vol. 10, no 7 (2021), p. 1585.

<https://doi.org/10.3390/foods10071585> (en anglais)

Ruan, Y., B. Yu, R.E. Knox, W. Zhang, A.K. Singh, R. Cuthbert, P. Fobert, R. DePauw, S. Berraies, A. Sharpe, B.X. Fu, et J. Sangha. « Conditional mapping identified quantitative trait loci for grain protein concentration expressing independently of grain yield in Canadian durum wheat », *Frontiers in Plant Science*, vol. 12 (2021), article no 642955.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.642955> (en anglais)

Iwaki, S., K. Hayakawa, B.X. Fu, et C. Otake. « Changes in hydrophobic interactions among gluten proteins during dough formation », *Processes*, vol. 9, no 7 (2021), p. 1244.

<https://doi.org/10.3390/pr9071244> (en anglais)

Wang, K., D. Taylor, Y. Chen, J. Suchy, et B.X. Fu. « Effect of kernel size and its potential interaction with genotype on key quality traits of durum wheat », *Foods*, vol. 10, no 12 (2021), p. 2992.

<https://doi.org/10.3390/foods10122992> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme

Bin Xiao Fu, Ph. D.

Chimistes

Kun Wang, Ph. D.

Carly Isaak

Ray Bacala

Techniciens

Altash Yirdaw

Angelique Parajas

Andrea Iverson

Dale Taylor

Jerry Suchy

Joseffus Santos

Katherine Cordova

Shermy Jayasekara

Ofelia Francisco-Pabalan

Yuming Chen



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

Marta Izydorczyk, Ph. D.

marta.izydorczyk@grainscanada.gc.ca

Évaluation de nouvelles lignées d'orge à grains nus

L'équipe du programme Mouture et maltage - Recherche sur l'orge et d'autres grains mène des activités de surveillance et effectue de la recherche sur la qualité et les propriétés de transformation des grains canadiens. Nous voulons déterminer les relations entre les caractéristiques physicochimiques des grains et leur fonctionnalité d'utilisation finale. Nous voulons également comprendre de quelle manière la variété, l'environnement et les facteurs agronomiques influent sur la qualité des grains. L'innovation est un aspect important de notre programme, comme en témoigne notre exploration de nouvelles utilisations de l'orge et de l'avoine canadiennes et nos activités d'élaboration et d'évaluation de nouvelles technologies de mesure de la qualité. Notre travail fournit aux sélectionneurs, aux producteurs, à l'industrie de la malterie et de la brasserie et au public canadien des renseignements utiles sur la fiabilité et la qualité de l'orge et de l'avoine canadiennes.

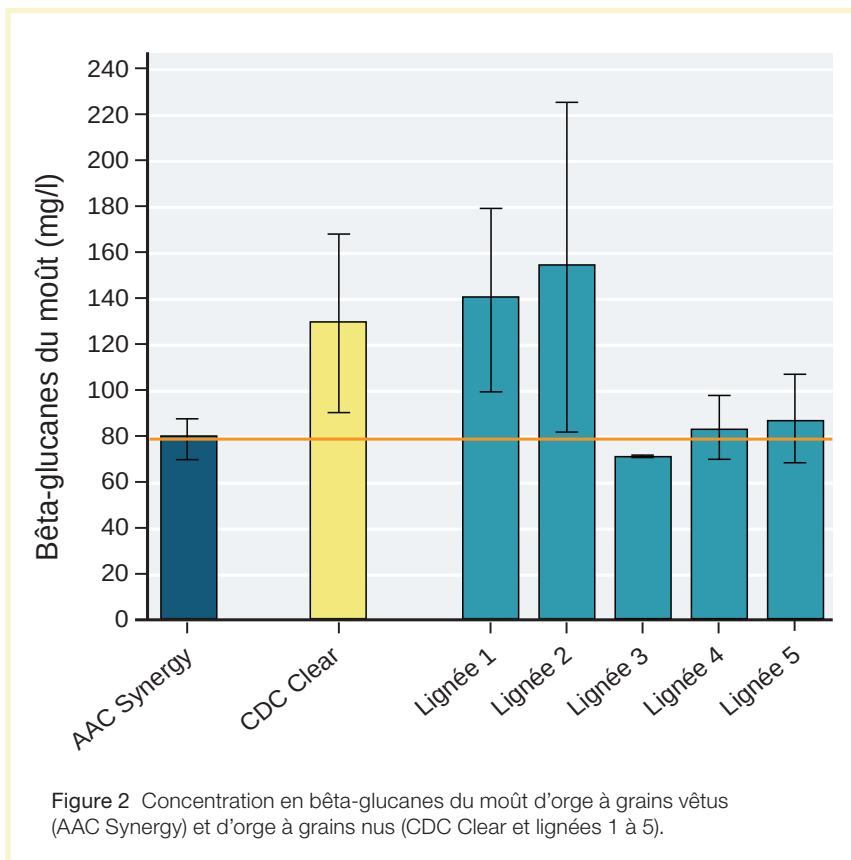
Potentiel brassicole de l'orge à grains nus

Le grand potentiel de rendement en extrait de malt de l'orge à grains nus (orge nue) a suscité l'intérêt de l'industrie brassicole. L'absence de glumes et des substances organiques contenues normalement dans celles-ci, comme des tannins, d'autres polyphénols et polysaccharides, fait aussi de l'orge nue un choix intéressant qui améliore la qualité et le goût de la bière. Or, l'emploi de l'orge nue ne s'est pas généralisé, car les nombreux essais initiaux de maltage se sont soldés par une modification inadéquate des grains et d'autres problèmes de transformation.

Nous avons réalisé une étude en 2021, en collaboration avec des sélectionneurs d'orge canadiens, pour mettre en évidence les améliorations de qualité qu'offrent les lignées d'orge nue récemment développées, car aucun nouveau cultivar d'orge nue n'a été enregistré au Canada depuis l'enregistrement de la variété CDC Clear en 2012. Notre objectif était de déterminer et de comprendre les similitudes et les différences sur le plan de la performance brassicole de l'orge à grains nus et de l'orge à grains vêtus (figure 1). Pour ce faire, nous avons comparé AAC Synergy (orge à grains vêtus), CDC Clear et cinq nouvelles lignées d'orge nue.



Figure 1 Grains d'orge vêtue (à gauche) et d'orge nue (à droite) germés.



Méthodes et équipement

Des analyses de malt ont été effectuées à l'aide des méthodes normalisées par l'American Society of Brewing Chemists. Nous avons mesuré de nombreux paramètres, dont la friabilité, l'alpha-amylase, le pouvoir diastasique du malt, les protéines solubles et l'azote aminé libre (AAL) du moût, les bêta-glucanes du moût et la viscosité du moût. Nous avons aussi utilisé des techniques de pointe, dont l'analyse calorimétrique différentielle, la chromatographie par échange d'anions à haute performance, la détection ampérométrique pulsée et la granulométrie laser, pour isoler les molécules d'amidon et caractériser leurs structures et propriétés physicochimiques.



Tambours de germination

Tableau 1 Sélection de paramètres qualitatifs des malts d'orge à grains vêtus (AAC Synergy) et d'orge à grains nus (CDC Clear et lignées 1 à 4). Les résultats accompagnés des mêmes lettres minuscules ne sont pas significativement différents. UD = unités dextrinifiantes.

	Pouvoir diastasique (°, base sèche)	Alpha-amylase (UD, base sèche)	Extrait à la mouture fine (% , base sèche)	Azote aminé libre (mg/l)
AAC Synergy	123 ± 13 ^c	73,0 ± 5,1 ^{bc}	80,4 ± 1,2 ^c	148 ± 25 ^c
CDC Clear	140 ± 12 ^{abc}	94,4 ± 7,0 ^a	87,5 ± 1,4 ^{ab}	165 ± 10 ^{bc}
Lignée 1	155 ± 9 ^a	83,7 ± 1,7 ^{ab}	86,9 ± 1,1 ^{ab}	143 ± 14 ^c
Lignée 2	132 ± 10 ^{bc}	84,0 ± 2,8 ^{ab}	86,4 ± 1,1 ^{ab}	148 ± 10 ^c
Lignée 3	129 ± 8 ^{bc}	69,7 ± 4,9 ^c	88,6 ± 0,5 ^a	195 ± 15 ^a
Lignée 4	135 ± 3 ^{bc}	83,8 ± 5,6 ^{ab}	88,5 ± 0,6 ^a	184 ± 5 ^{ab}



Unités de micromaltage Phoenix



Cuves de trempage



Touraillages

Propriétés physicochimiques et performance brassicole de l'orge à grains nus

Notre étude a révélé que la structure de l'amidon de l'orge nue ne différait que légèrement de celle de l'orge à grains vêtus et n'avait pas d'incidence négative sur l'hydrolyse de l'amidon et la production de sucres fermentescibles durant l'empâtage. Les malts d'orge nue avaient de faibles valeurs de friabilité, mais présentaient tout de même une texture friable, une bonne solubilité et une bonne accessibilité aux enzymes. La concentration en bêta-glucanes du moût, qui indique le degré de dégradation des parois cellulaires, était comparable dans certaines lignées d'orge nue à celle de l'orge à grains vêtus, mais la viscosité de tous les moûts d'orge nue était plus élevée. Pour expliquer ces résultats, nous avons mesuré la concentration et la longueur moyenne des chaînes des arabinoxylanes, lesquelles sont des paramètres qui ne sont généralement pas mesurés dans les évaluations qualitatives. Nous avons constaté que les arabinoxylanes, types de cellulose présents dans les parois cellulaires, affichaient des concentrations et des longueurs de chaîne moyennes beaucoup plus élevées dans toutes les lignées d'orge nue, ce qui explique en partie la viscosité plus élevée du moût d'orge nue. Globalement, nous avons constaté que les lignées canadiennes d'orge nue récemment développées présentaient un excellent potentiel brassicole et des améliorations notables sur le plan des concentrations en enzymes du malt, des rendements en extraits de malt et des concentrations en composés d'acides-amino libres (tableau 1) et en bêta-glucanes du moût (figure 2).

Cette étude fournit à l'industrie brassicole de nouveaux renseignements utiles sur les traits qualitatifs de l'orge nue. Les données aideront en outre les sélectionneurs canadiens à promouvoir leurs lignées d'orge nue et à mettre au point des génotypes au profil amélioré.

Mobilisation du secteur des grains

Martha Izydorczyk, Ph. D., est membre active de nombreux comités, institutions et associations, dont :

- la Cereal & Grains Association (présidente 2020-2021, ancienne présidente 2021-2022);
- le comité technique de l'Institut de recherche sur l'orge de brasserie et de malterie (conseillère scientifique);
- le Conseil de l'orge du Canada (conseillère scientifique et représentante sectorielle du comité de recherche et d'innovation);
- le Centre technique canadien pour l'orge brassicole (secrétaire, conseil d'administration);
- le Comité de recommandation des Prairies pour l'orge et l'avoine (membre de l'équipe d'évaluation de la qualité de l'orge);
- le sous-comité de l'orge et d'autres céréales du Comité de normalisation des grains de l'Ouest (membre);
- le Comité des cultures céréalières de l'Ontario (membre);
- le Département des sciences de l'alimentation de l'Université du Manitoba (professeure associée).

Elle a également participé à plusieurs projets conjoints de la grappe de l'orge dans le cadre du programme Agri-science du Partenariat canadien pour l'agriculture. Tricia McMillan est membre du sous-comité du malt de l'American Society of Brewing Chemists.

Publications récentes

Mills, A.A.S., M.S. Izydorczyk, T.M. Choo, M.E. Sorrells, J. Durand, N. Mountain, et S. Fillmore. « Cultural practices to improve malt barley quality in the northeast with focus on the craft sector », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 101, no 1 (2020), p. 39-52.

<https://doi.org/10.1139/cjps-2020-0011> (en anglais)

Tittlemier, S.A., L. Bestvater, J. Carlson, J. Kletke, M.S. Izydorczyk, et B.X. Fu. « Fate of glyphosate in wheat during milling and bread production », *Cereal Chemistry*, vol. 98, no 1 (2021), p. 100-108.

<https://doi.org/10.1002/cche.10369> (en anglais)

Izydorczyk, M.S., S. Nam, A. Sharma, et J. Kletke. « Exploring dry grain fractionation as a means to valorize high protein malting barley », *Cereal Chemistry*, vol. 98, no 4 (2021), p. 840-850.

<https://doi.org/10.1002/cche.10426> (en anglais)

Izydorczyk, M.S. et T. McMillan. Rapport sur la récolte annuelle d'orge en 2021. Production et qualité de l'orge brassicole de l'Ouest canadien.

<https://www.grainscanada.gc.ca/fr/recherche-donnees/qualite-exportations/cereales/orge-brassicole/>

Izydorczyk, M.S., A. Badea, et A.D. Beattie. « Physicochemical properties and malting potential of new Canadian hulless barley genotypes », *Journal of the American Society of Brewing Chemists* (2022), sous presse.

Membres de l'équipe

Chercheuse et gestionnaire de programme

Marta S. Izydorczyk, Ph. D.

Chimistes

Tricia McMillan
Arzoo Sharma

Techniciens

Anna Chepurina
Debby Kelly
Jerry Kletke
Shin Nam
Shawn Parsons
Dave Turnock



Oléagineux

Véronique Barthelet, Ph. D.

veronique.barthelet@grainscanada.gc.ca

Utilisation de modèles mathématiques pour déterminer la qualité des oléagineux

Dans le cadre du programme des Oléagineux, nous effectuons de la recherche sur le canola, le colza, la graine de lin, le soja et la graine de moutarde cultivés au Canada. Nous analysons la manière dont les facteurs de classement et les composés biochimiques, tels que les acides gras libres, influent sur la qualité des graines et leurs produits dérivés. Une autre partie importante de notre travail consiste à évaluer les méthodes utilisées pour mesurer la qualité des oléagineux. Pour ce faire, nous participons à la validation internationale des méthodes de référence et nous élaborons et mettons à jour des modèles mathématiques pour prédire la qualité des oléagineux. Nous mettons également au point et validons nos propres méthodes d'analyse de composés mineurs des graines, comme les glycosides cyanogènes qui sont présents dans la graine de lin et ses produits dérivés. En outre, nous évaluons la qualité de la plupart des échantillons d'oléagineux canadiens qui ont été soumis dans le cadre du Programme d'échantillons de récolte et des échantillons des cargaisons d'oléagineux destinés à l'exportation. Les résultats de nos travaux de recherche et de nos efforts de surveillance sont présentés de diverses façons, notamment sous forme de rapports sur la qualité, de feuilles de calcul et d'exposés, afin que les renseignements puissent être communiqués en temps opportun aux producteurs, aux clients exportateurs et aux autres intervenants.

Obtention de données sur la qualité du canola

Les nouvelles variétés de canola sont pleinement enregistrées selon le mérite de leurs qualités après deux ans d'essais. La première année, les données des essais sont fournies par le secteur privé, mais la deuxième année, elles sont fournies par un système d'essais coopératifs. L'équipe du programme des Oléagineux analyse la qualité des échantillons fournis dans le cadre des essais coopératifs et produit les données qui serviront à appuyer les dossiers d'enregistrement des variétés. De septembre à décembre, nous analysons environ 2500 échantillons de canola, générant ainsi plus de 12500 points de données. Nous utilisons la spectroscopie dans le proche infrarouge (NIR) pour déterminer les teneurs en huile, en protéines et en glucosinolates totaux, tandis que nous déterminons les teneurs en acides gras saturés totaux et en acide érucique par chromatographie en phase gazeuse (figure 2).

Vérification de l'exactitude de modèles

Beaucoup d'efforts sont consacrés à s'assurer que les résultats rapportés par le programme des Oléagineux sont précis et fiables. Les analyses NIR génèrent des données qui alimentent des modèles mathématiques prédictifs pour définir les relations qui existent entre les analyses NIR et les données chimiques de plusieurs centaines d'échantillons de référence. Pour obtenir un résultat sur une qualité particulière, nous entrons les données d'une analyse NIR dans le modèle mathématique élaboré précisément pour ce facteur de qualité. Une seule analyse peut servir à prédire de multiples facteurs de qualité, car un modèle mathématique différent peut être élaboré pour chacun des facteurs de qualité. Il est ainsi possible d'analyser de nombreux échantillons en peu de temps. Même si nos modèles reposent sur plus de 20 ans de données sur le canola, il est essentiel de les vérifier continuellement pour assurer leur précision. La provenance des échantillons, la variété, les conditions de croissance, les défauts et la contamination par d'autres graines peuvent avoir des incidences sur les extraits des modèles. Chaque année, nous évaluons la qualité des modèles mathématiques pour toutes les cultures et tous les facteurs de qualité en analysant des échantillons au hasard à la fois par spectroscopie NIR et par des méthodes chimiques de référence. Nous effectuons ensuite des analyses statistiques pour comparer les résultats obtenus par les deux méthodes. Pour assurer un contrôle de qualité, il est aussi important qu'une vérification externe des données soit faite. À cette fin, l'équipe du programme des Oléagineux participe à des panels internationaux de vérification des compétences et produit des rapports sur les données qu'elle a obtenues par spectroscopie NIR et par des méthodes d'analyses chimiques de référence.



Services offerts par le programme des Oléagineux

L'équipe du programme des Oléagineux effectue plusieurs analyses, moyennant des frais de service. En 2021, nous avons fait :

- 146 analyses de la teneur en huile par spectroscopie NIR;
- 3 analyses de la teneur en huile par extraction chimique;
- 12 analyses de la teneur en protéines;
- 25 analyses de la teneur en glucosinolates totaux;
- 54 analyses de la teneur en acides gras libres;
- 59 analyses de la composition en acides gras de l'huile;
- 6 analyses de la teneur en chlorophylle.



Figure 1 Appareil de résonance magnétique nucléaire (RMN) à impulsion servant à déterminer la teneur en huile brute.

Mobilisation du secteur des grains

En 2021, Véronique Barthet, Ph. D., a présenté des données lors des consultations sur le canola tenues entre le Canada et le Japon, ainsi que lors d'une conférence organisée dans le cadre de la semaine du canola. Elle a aussi présenté des données au Comité de recommandation du canola et du colza de l'Ouest canadien (WCC/RRC) et au sous-comité des oléagineux du Comité de normalisation des grains de l'Ouest. En outre, Mme Barthet est membre du WCC/RRC, du Comité de recommandation des Prairies pour les oléagineux du Comité de développement des grains des Prairies et du Global Council for Innovation in Rapeseed and Canola (GCIRC). En septembre 2021, elle a organisé et présidé la deuxième journée de la réunion technique du GCIRC dont les discussions portaient sur la recherche concernant la production de protéines de colza et l'apport d'une valeur ajoutée.

Mme Barthet a participé à titre d'experte à la réunion de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) sur les huiles et corps gras (TC34SC11) et a été chef de la délégation canadienne à la réunion ISO sur les oléagineux et les tourteaux d'oléagineux (TC4SC2). En 2021, l'équipe du programme des Oléagineux a reçu le premier prix de l'American Oil Chemists' Society pour l'utilisation de la chromatographie en phase gazeuse pour l'analyse des acides gras.

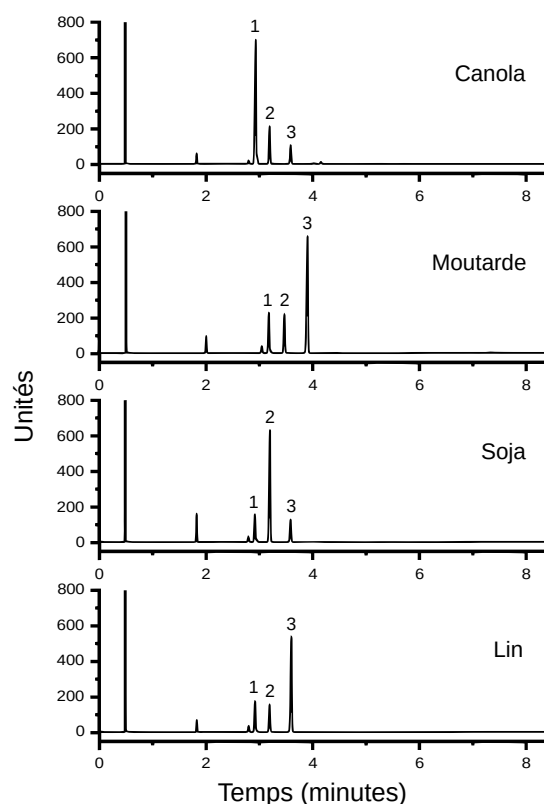


Figure 2 Chromatogrammes montrant les résultats d'analyse des acides gras.

Publications récentes

Barthet, V.J., M.W.P. Petryk, et B. Siemens. « Prediction of intact canola seed quality using handheld near-infrared spectrometer », assemblée annuelle de l'INFORMS, octobre 2021.

Barthet, V.J., M.W.P. Petryk, et B. Siemens. « Rapid nondestructive analysis of intact canola seeds using a handheld near-infrared spectrometer », *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 97, no 6 (2020), p. 577-589.
<https://doi.org/10.1002/aocs.12335> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheuse et gestionnaire de programme

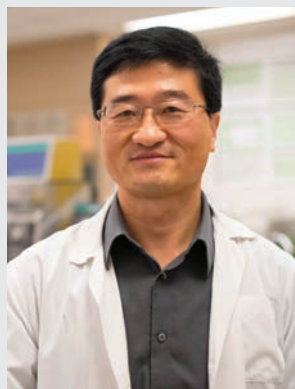
Véronique J. Barthet, Ph. D.

Chimistes

Ann Puvirajah
 Bert Siemens
 (à la retraite depuis
 le 31 décembre 2021)
 Tao Fan

Techniciens

Brad Speiss
 Colleen Kobialka (Programme
 d'échantillons de récolte)
 Hayeon Oh
 Marnie McLean
 Nicole Pogorzelec
 Katharine Schulz



Recherche sur les légumineuses

Ning Wang, Ph. D.

ning.wang@grainscanada.gc.ca

Aider l'industrie alimentaire à accroître son utilisation de légumineuses canadiennes

Le programme de Recherche sur les légumineuses soutient le système d'assurance de la qualité des grains du Canada et facilite la commercialisation des légumineuses canadiennes de plusieurs façons. Nous étudions en quoi la variété, les conditions de croissance, la transformation et les facteurs de classement influent sur la qualité des légumineuses et leurs produits finaux. Nous recherchons de nouvelles façons d'utiliser et de traiter les légumineuses, et nous mettons au point des méthodes qui peuvent être utilisées par l'industrie des légumineuses pour évaluer la qualité et la fonctionnalité d'utilisation finale des légumineuses d'une manière cohérente et objective. Nous effectuons également l'analyse annuelle de la qualité des légumineuses et du soja destiné à l'alimentation humaine dans le cadre du Programme d'échantillons de récolte, et nous participons à la surveillance des cargaisons.

Incidence des prétraitements sur la qualité des farines de légumineuses

Le Canada est depuis longtemps un joueur mondial dans l'exportation de légumineuses entières et fendues. Il existe toutefois un énorme potentiel d'expansion du secteur de la transformation secondaire et d'apport d'une valeur ajoutée aux légumineuses canadiennes, tant au pays qu'avant l'exportation, sous la forme de produits tels que les farines et les concentrés de protéines. Les fabricants de produits alimentaires utilisent de plus en plus ces types d'ingrédients à base de légumineuses, car ils sont peu coûteux, ont une valeur nutritionnelle élevée et contribuent à combler la demande croissante en produits sans gluten. Le développement efficace de nouveaux produits alimentaires exige toutefois une compréhension approfondie de l'incidence de la transformation sur les propriétés physicochimiques, fonctionnelles et nutritionnelles des ingrédients à base de légumineuses. Notre équipe de recherche travaille à un projet collaboratif visant à étudier les effets de plusieurs prétraitements sur les farines de légumineuses, notamment le chauffage infrarouge, la germination et le rôtissage. Les collaborateurs comprennent notamment des chercheurs du Centre de recherche et de développement de Morden (Agriculture et Agroalimentaire Canada), de Cereals Canada, de l'Université de la Saskatchewan et de l'Université du Manitoba.



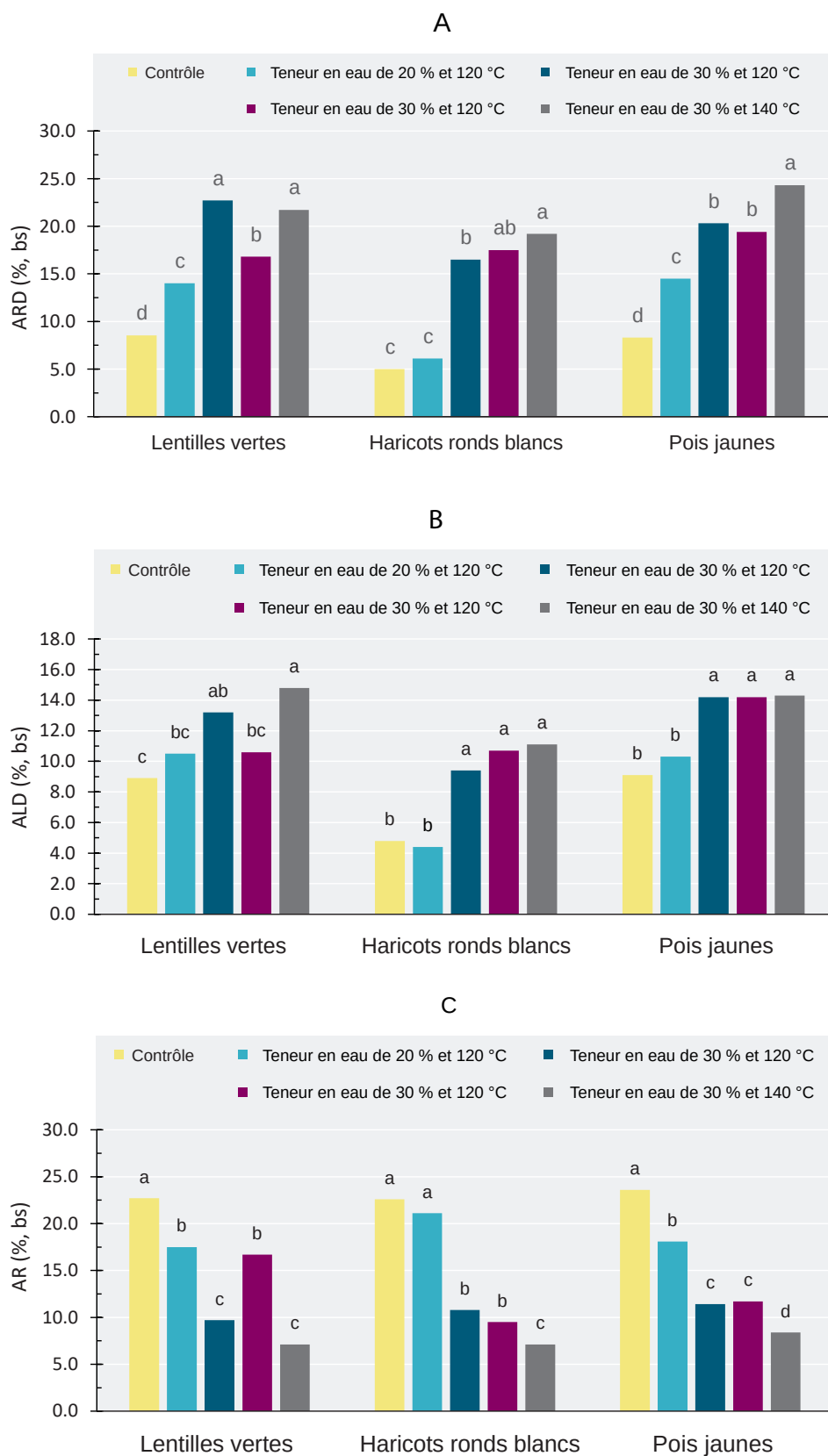


Figure 1 Effet du chauffage infrarouge sur la digestibilité de l'amidon des légumineuses. A) amidon rapidement digestible (ARD); B) amidon lentement digestible (ALD); C) amidon résistant (AR). Les résultats de chaque type de légumineuse qui sont accompagnés des mêmes lettres minuscules ne sont pas significativement différents.

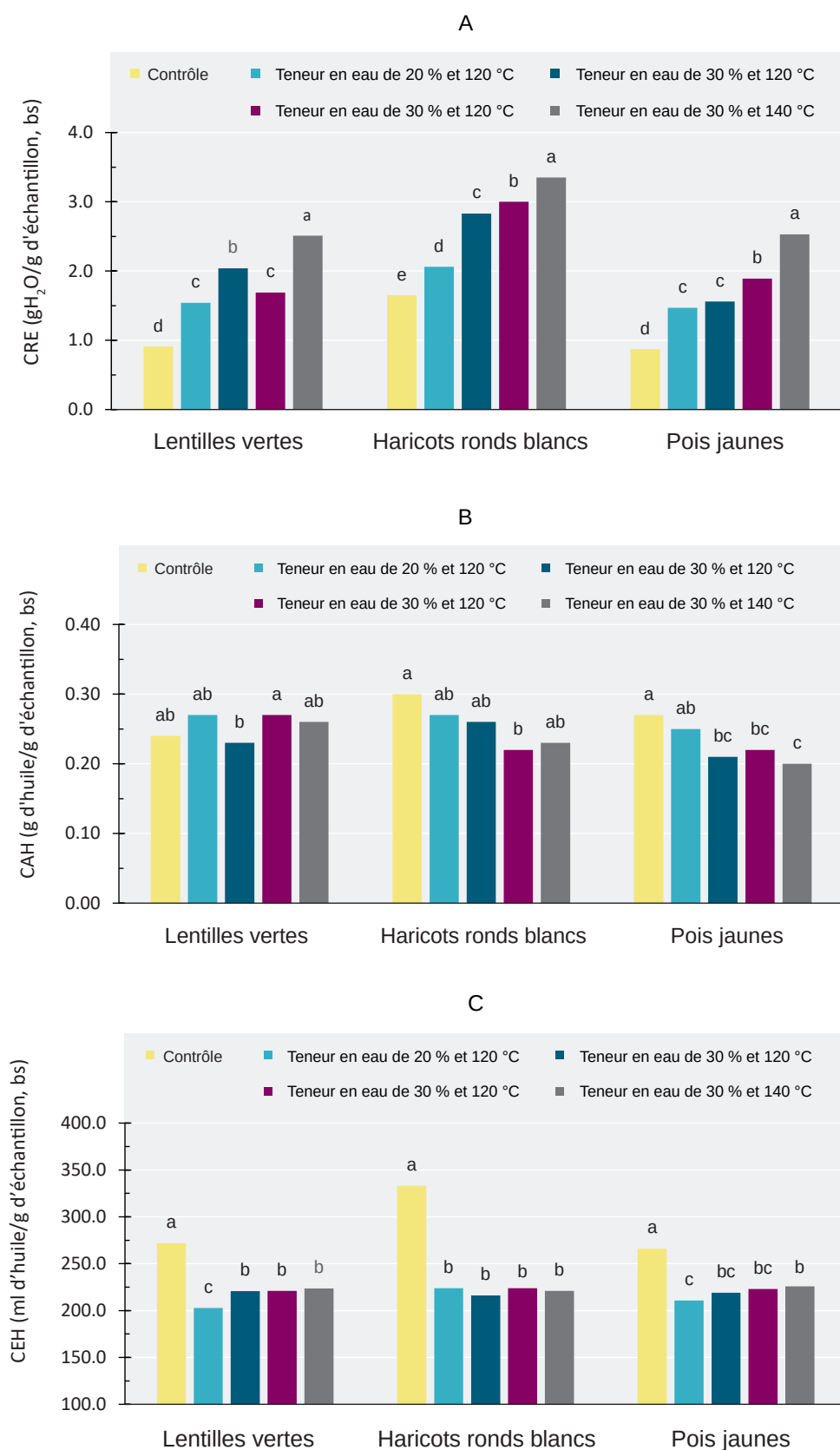


Figure 2 Effet du chauffage infrarouge sur les propriétés fonctionnelles des légumineuses. A) capacité de rétention d'eau (CRE); B) capacité d'absorption d'huile (CAH); C) capacité émulsifiante de l'huile (CEH). Les résultats de chaque type de légumineuse qui sont accompagnés des mêmes lettres minuscules ne sont pas significativement différents.

Chauffage infrarouge des légumineuses

L'un des prétraitements, le chauffage infrarouge, utilise un rayonnement électromagnétique pour faire vibrer les molécules d'eau dans les graines et générer de la chaleur. Cela provoque un réchauffement interne rapide et une augmentation de la pression de la vapeur d'eau à l'intérieur des graines. Notre projet a évalué l'effet du chauffage infrarouge sur la digestibilité de l'amidon et la fonctionnalité des farines de pois jaunes, de lentilles vertes et de haricots ronds blancs.

Des échantillons de lentilles vertes, de pois jaunes et de haricots ronds blancs ont été conditionnés pour atteindre une teneur en eau de 20 % ou de 30 %, puis ils ont été exposés à un chauffage infrarouge à une température de 120 °C ou 140 °C. Nous avons analysé l'amidon rapidement digestible (ARD), l'amidon lentement digestible (ALD) et l'amidon résistant (AR) par des méthodes standard. Nos résultats indiquent que les farines fabriquées avec des graines exposées à un chauffage infrarouge présentaient des teneurs en amidon digestible plus élevées que les farines fabriquées avec des graines non traitées. L'effet le plus important a été observé dans la quantité d'ARD dans la farine de pois jaunes fabriquée avec des graines ayant une teneur en eau de 30 % et chauffées à 140 °C (figure 1). Nous avons constaté qu'une teneur en eau et une température plus élevées sont associées à une teneur plus élevée en amidon gélifié. La gélification entraîne la dispersion des granules d'amidon, ce qui augmente les espaces interstitiels autour d'eux et les rend plus vulnérables à la digestion enzymatique.

Les traitements par chauffage infrarouge ont également eu une incidence sur la fonctionnalité des farines de légumineuses. Nous avons constaté qu'une teneur en eau et une température plus élevées augmentaient la capacité de rétention d'eau (CRE), mais diminuaient la capacité d'absorption d'huile (CAH) et la capacité émulsifiante de l'huile (CEH) des farines de légumineuses. Le chauffage infrarouge a eu l'effet le plus important sur la CEH de la farine de haricots ronds blancs (figure 2).

Les connaissances acquises grâce à cette étude aideront les fabricants d'aliments canadiens à déterminer quelles sont les stratégies de transformation des légumineuses qui permettent de produire des farines de légumineuses offrant les caractéristiques fonctionnelles et nutritionnelles nécessaires à un large éventail d'applications alimentaires, ce qui pourrait entraîner une augmentation de l'utilisation des légumineuses et une diversité d'ingrédients et être profitable au secteur canadien des légumineuses.

Mobilisation du secteur des grains

Ning Wang, Ph. D., gestionnaire du programme de Recherche sur les légumineuses, est membre des comités nationaux et internationaux suivants :

- le Comité de recommandation des Prairies pour les légumineuses et les cultures spéciales (CRPLCS) du Comité de développement des grains des Prairies;
- l'équipe d'évaluation de la qualité pour le CRPLCS;
- le sous-comité des légumineuses relevant du Comité de normalisation des grains de l'Ouest;
- la Cereals & Grains Association, y compris le comité de direction technique sur les méthodes approuvées.

Il est également coprésident du comité technique sur les légumineuses de la Cereals & Grains Association, a participé au Manitoba Sustainable Protein Innovation Forum et a contribué à l'élaboration de la Manitoba Sustainable Protein Research Strategy dans le cadre de sondages et d'ateliers. Il a aussi été un conférencier invité à la réunion annuelle sur les céréales et les grains de la Cereals & Grains Association de 2021.

Publications récentes

Fenn, D., N. Wang, et L. Maximiuk. « Physicochemical, anti-nutritional and functional properties of air-classified protein concentrates from commercially grown Canadian yellow pea (*Pisum sativum*) varieties with variable protein levels », *Cereal Chemistry*, vol. 99, no 1 (2022), p. 157-168
<https://doi.org/10.1002/cche.10506> (en anglais)

Guldiken, B., A. Franczyk, L. Boyd, N. Wang, K. Choo, E. Sopiwnyk, J.D. House, J. Paliwal, et M.T. Nickerson. « Impact of milling on the functional and physicochemical properties of green lentil and yellow pea flours », *Cereal Chemistry*, vol. 99, no 1 (2022), p. 218-229.
<https://doi.org/10.1002/cche.10504> (en anglais)

Guldiken, B., D. Konieczny, N. Wang, A. Hou, J.D. House, K. Tu, S. Rosendahl, M. Lavier, et M.T. Nickerson. « Effect of variety and environment on the physicochemical, functional, and nutritional properties of navy bean flours », *European Food Research and Technology*, volume 247 (2021), p. 1745-1756.
<https://doi.org/10.1007/s00217-021-03745-7> (en anglais)

Stone, A.K., S. Parolia, J.D. House, N. Wang, et M.T. Nickerson. « Effect of roasting pulse seeds at different tempering moisture on the flour functional properties and nutritional quality », *Food Research International*, vol. 147 (2021), p. 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110489> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme

Ning Wang, Ph. D.

Chimiste

Dora Fenn

Techniciennes

Lisa Maximiuk

Monica Cabral



Services analytiques

Kerri Pleskach, M. Sc.

kerri.pleskach@grainscanada.gc.ca

Vérification de l'exactitude des mesures qualitatives des grains

L'équipe des Services analytiques effectue de nombreux essais différents pour des milliers de clients chaque année. Nous analysons des échantillons pour déterminer divers facteurs de qualité et de classement, dont la teneur en protéines, la force de la pâte, la concentration en désoxynivalénol, la teneur en eau, la teneur en cendres, l'indice granulométrique, l'indice de chute, l'indice de gluten et la teneur en gluten humide. Nous supervisons le Programme d'échantillons de récolte et veillons à son bon fonctionnement. Depuis 1927, ce programme soutient les producteurs en leur fournissant gratuitement un rapport d'évaluation du grade et de la qualité des échantillons de grain qu'ils soumettent. Les échantillons reçus dans le cadre de ce programme servent par ailleurs à mener divers projets de recherche au sein du Laboratoire de recherches sur les grains.

Une autre responsabilité importante des Services analytiques est de fournir des données de référence pour la détermination de la teneur en protéines au moyen du dosage de l'azote par combustion (CNA). Les laboratoires de la Commission canadienne des grains utilisent nos résultats de CNA pour étalonner avec précision les instruments proche infrarouge (NIR) utilisés pour les activités de surveillance. En outre, nous surveillons et tenons à jour des données d'étalonnage canadiennes pour deux types d'humidimètres couramment utilisés pour la mesure de la teneur en eau des grains. En 2021, nous avons obtenu l'accréditation selon la norme ISO/IEC 17025 pour la méthode de détermination de la teneur en eau au four à air forcé, la méthode de détermination de la teneur en cendres et la méthode de détermination de la teneur en protéines brutes par CNA. L'accréditation internationale confirme que nos évaluations sont exactes et impartiales, ce qui permet aux clients internationaux d'avoir confiance dans la qualité des grains canadiens.

Services d'essais de contrôle

Les Services analytiques proposent aux intervenants de l'industrie des grains trois types de services qui leur permettent de vérifier régulièrement la précision de leurs instruments de mesure :

- des essais de contrôle mensuel de l'indice de chute pour le blé roux de printemps de l'Ouest canadien et le blé dur ambré de l'Ouest canadien;
- des essais de contrôle mensuel des mesures effectuées par les humidimètres pour le blé roux de printemps de l'Ouest canadien;
- un essai de contrôle bimensuel de la teneur en protéines pour le blé roux de printemps de l'Ouest canadien et le blé dur ambré de l'Ouest canadien.

Les essais de contrôle sont offerts seulement sur abonnement, moyennant des frais, et les intervenants peuvent s'inscrire à tout moment de l'année.

Tout au long de l'année, nous nous approvisionnons en matériel pour préparer les échantillons que nous envoyons aux clients pour la réalisation des essais de contrôle. Nous obtenons plus de 680 kilogrammes de grains des échantillons de cargaison qui ne sont plus utiles au Laboratoire de recherches sur les grains et des échantillons de grain fournis par des producteurs dans le cadre de commandes groupées. Chaque mois, nous constituons un échantillon différent pour nous assurer que différentes valeurs soient mesurées. Tous les échantillons de contrôle sont soigneusement mélangés, et un sous-échantillon représentatif est prélevé pour chaque client. Les échantillons sont emballés (figure 1) et, pour la détermination de la teneur en eau, des doubles sacs sont employés pour conserver toute l'eau contenue dans les grains.

Pour l'abonnement aux essais de contrôle de l'indice de chute (figures 2 et 3), un numéro de laboratoire est attribué à chaque client. Les clients envoient leurs résultats à notre laboratoire d'essais enzymatiques, où tous les résultats sont compilés. Un rapport est préparé et distribué aux clients. Une fois que les échantillons de contrôle de la teneur en eau ont été envoyés aux clients, notre laboratoire sélectionne au hasard quatre sous-échantillons représentatifs. Ceux-ci sont testés à l'aide de trois différents types d'humidimètres : dix appareils utilisant un algorithme unifié pour la détermination de la teneur en eau des grains (UGMA) (figure 4), six appareils de modèle 919/3,5 pouces et un appareil de transmittance dans le proche infrarouge (NIT). Les échantillons sont également analysés par la méthode de dosage à l'étuve. Les données sont analysées, et le résultat officiel de la teneur en eau est envoyé par courriel à tous les clients dans les sept jours suivant l'envoi de l'échantillon. Chaque échantillon servant au contrôle de la teneur en protéines est analysé sur une période de deux mois au moyen de six différents appareils NIT, en dix réplicats pour chacun des appareils. Chaque échantillon est aussi analysé à l'aide de deux appareils CNA conformément à notre méthode accréditée ISO, également en dix réplicats. La moyenne des résultats est calculée et imprimée sur l'étiquette de chaque sous-échantillon comme étant le résultat officiel. Les clients soumettent leurs résultats à notre laboratoire d'analyse de la teneur en protéines, et un rapport est produit à leur intention.

Les abonnements aux essais de contrôle offrent aux membres de l'industrie des grains la possibilité de comparer les mesures obtenues à l'aide de leurs instruments avec celles d'autres laboratoires afin d'en vérifier l'exactitude. Si le résultat d'un client ne correspond pas au nôtre, il lui appartient d'en déterminer la cause. Les mesures inexactes peuvent être attribuables à des éléments comme des erreurs dans la préparation de l'échantillon, à un dysfonctionnement des instruments ou à l'emploi de méthodes inappropriées. Actuellement, on compte 16 abonnés aux essais de contrôle de l'indice de chute, 102 abonnés aux essais de contrôle de la teneur en eau et 58 abonnés aux essais de contrôle de la teneur en protéines. Les demandes de renseignements sur l'abonnement aux essais de contrôle de l'indice de chute et de la teneur en eau peuvent être envoyées à moistureandenzymes-eauetenzymes@grainscanada.gc.ca et celles visant la teneur en protéines peuvent être envoyées à protein-proteines@grainscanada.gc.ca.



Figure 3 Échantillon utilisé pour le contrôle mensuel de l'indice de chute.



Figure 1 Préparation d'échantillons de blé CWRS à distribuer pour l'essai de contrôle bimensuel de la teneur en protéines.



Figure 2 Vue de face d'un diviseur rotatif divisant de manière représentative les échantillons qui serviront à l'essai de contrôle de l'indice de chute.



Figure 4 Humidimètres servant à l'essai de contrôle de la teneur en eau : modèles AM 5200-A de PerkinElmer et GAC 2500-INTL de DICKEY-john.

Membres de l'équipe

Chimiste et gestionnaire de programme

Kerri Pleskach

Teneur en eau et enzymes

Conseillère en chimie

Abi Olubodun

Superviseure

Ruth Toews

Techniciennes

Evelyn Barnett
Rachelle Croom
Hannah Lintott

Services analytiques et teneur en protéines

Superviseur

Richard McKinley

Techniciens

Debbie Salazar
Gary Dion
Kristin Bowler
Hong Yue
Andy Peng

Manipulation des échantillons

Superviseure

Cherianne McClure

Techniciennes

Pam Lavalley
Courtney Freeth

Programme d'échantillons de récolte

Techniciens

Ariel Barlintangco
Kim Phan
Hinke Loewen-Rudgers
Aaron-John Gartner
Leah McDonald
Brianna Freeth
Alyssa Hilapo
Evan Gauvin
Sarrah Vakili
Khairat Shittu
Halimo Arab
Victoria Moreau
Katie Riddell
Jolene Le



Recherche sur la biotechnologie des grains

Tigst Demeke, Ph. D.

tigst.demeke@grainscanada.gc.ca

Tests d'ADN effectués sur les grains canadiens exportés

L'un des principaux axes du programme de Biotechnologie des grains est l'utilisation de méthodes fondées sur l'ADN pour détecter des produits génétiquement modifiés (GM) dans les grains. Nos priorités dans ce domaine consistent à mettre au point des tests de détection de nouveaux produits GM et à améliorer globalement notre capacité de détection. Des tests d'amplification en chaîne par polymérase (PCR) qualitatifs et quantitatifs en temps réel sont couramment utilisés pour la détection de produits GM. Nous faisons également de la recherche sur la manière d'optimiser les tests PCR numériques à gouttelettes pour détecter et quantifier les produits GM. Pour que les exportateurs de grain canadien puissent conserver leur accès aux marchés, il est primordial que nos méthodes analytiques soient précises. Notre expérience technique est reconnue à l'échelle internationale, et nous sommes accrédités selon la norme ISO/IEC 17025 depuis 2013 pour détecter des produits GM dans les grains.

En août 2021, le programme de Recherche et surveillance en matière d'identification des variétés a été fusionné avec le programme de Biotechnologie des grains. Dans le cadre du volet d'identification des variétés de notre programme, nous analysons la composition de toutes les expéditions en vrac de blé dur et de blé panifiable. Toutes les variétés assignées à une même classe présentent les mêmes propriétés d'utilisation finale. En confirmant que ce sont les bonnes variétés qui sont présentes dans les expéditions, nous garantissons que chaque classe de blé donnera des performances constantes et que les attentes des clients seront satisfaites. De plus, nous pouvons certifier la pureté variétale des échantillons de cargaisons d'orge qui nous sont soumis, moyennant des frais de service. Nous offrons également des services d'identification de variétés et d'analyse de la composition variétale pour soutenir d'autres travaux de recherche menés au Laboratoire de recherches sur les grains, dont le Programme d'échantillons de récolte.



QuantStudio Accufill

- Chargement automatisé des échantillons



QuantStudio 12K-Flex

- Instrument de PCR



Plaque OpenArray

- Blé dur : 16 essais, 144 grains par plaque
- Blé panifiable : 32 essais, 96 grains par plaque

Figure 1 Technologie OpenArray utilisée pour la surveillance des variétés de blé panifiable et de blé dur.

Surveillance d'un produit GM non autorisé

En juin 2018, l'Agence canadienne d'inspection des aliments a annoncé que quelques plants de blé poussant au bord d'un chemin d'accès dans le Sud de l'Alberta avaient survécu à une pulvérisation de glyphosate. Il s'avère que ces plants étaient d'une variété de blé non enregistrée qui contenait un produit GM (MON71200). Aucun blé GM n'est actuellement autorisé pour la production commerciale au Canada, ni dans aucun autre pays. Depuis la découverte de la modification génétique MON71200, nous effectuons des analyses des cargaisons de blé en vrac destinées à l'exportation ainsi que d'autres échantillons soumis afin d'en détecter la présence. Nous fournissons par ailleurs aux exportateurs des lettres d'analyse indiquant les résultats de nos analyses, sur demande. Dans les 3 200 échantillons et plus que nous avons analysés, aucune preuve de la présence de cette modification génétique dans la chaîne de valeur des grains canadiens n'a été trouvée.

Identification de variétés de blé dur et de blé panifiable

Nous utilisons la technologie d'analyse génétique OpenArray pour identifier les variétés de blé dur et de blé panifiable (figure 1). Cette technologie emploie une plaque de la taille d'une lame de microscope. Nous plaçons l'ADN de 96 grains de blé panifiable sur une plaque OpenArray et utilisons 32 marqueurs d'ADN appelés SNP (polymorphismes mononucléotidiques) pour faire le génotypage des grains. Pour le blé dur, nous plaçons l'ADN de 144 grains sur une plaque et utilisons 16 SNP pour faire le génotypage. Nous nous servons du logiciel VID Inspector pour analyser les données générées par la technologie OpenArray. Pour l'analyse de la pureté variétale des échantillons d'orge soumis, nous utilisons un système Li-Cor basé sur des marqueurs d'ADN appelés microsatellites.

Activités de surveillance récentes

Du 1er août 2020 au 31 juillet 2021, nous avons analysé de nombreux échantillons d'expéditions de grains et d'autres échantillons soumis, dont :

- 38 échantillons de cargaisons d'orge brassicole pour en déterminer la pureté variétale;
- 707 échantillons de cargaisons de blé panifiable pour en déterminer la composition variétale;
- 263 échantillons de cargaisons de blé dur pour en déterminer la composition variétale;
- 67 échantillons composites de cargaisons de blé;
- 55 échantillons de blé des essais coopératifs;
- 1 083 échantillons de blé pour détecter la modification génétique MON71200.

Mobilisation du secteur des grains

Tigst Demeke, Ph. D., est membre du Comité consultatif canadien sur la norme ISO/TC 34 SC 16 (Analyse moléculaire de biomarqueurs) et de la Cereals & Grains Association. Il est également éditeur en chef du numéro spécial « Digital PCR and Plant Studies » de la revue *Biology* (https://www.mdpi.com/journal/biology/special_issues/Digital_PCR), en anglais.

Publications récentes

Demeke, T., M. Eng, M. Holigroski, et S.-J. Lee. « Effect of amount of DNA on digital PCR assessment of genetically engineered canola and soybean events », *Food Analytical Methods*, vol. 14 (2021), p. 372-379.
<https://doi.org/10.1007/s12161-020-01889-y> (en anglais)

Demeke, T., B. Beecher, et M. Eng. « Assessment of genetically engineered events in heat-treated and non-treated samples using droplet digital PCR and real-time quantitative PCR », *Food Control*, vol. 115 (2020), article no 107291.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107291> (en anglais)

Demeke, T. et D. Dobnik. « Critical assessment of digital PCR for the detection and quantification of genetically modified organisms », *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 410, no 17 (2018), p. 4039-4050.
<https://doi.org/10.1007/s00216-018-1010-1> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme

Tigst Demeke, Ph. D.

Biologiste

Michelle Holigroski

Techniciens

Monika Eng
Danny Saydak
Mathieu Dusabenyagasani



Microbiologie et génomique des grains

Sean Walkowiak, Ph. D.
sean.walkowiak@grainscanada.gc.ca

Amélioration de l'identification et de la surveillance des microbes

Dans le cadre du programme de Microbiologie et génomique des grains, nous utilisons les plus récents outils de la biologie moléculaire et de la génomique pour mettre au point des tests d'ADN à haut débit pour identifier et caractériser les variétés de grains. Nous effectuons également chaque année des tests d'ADN sur des milliers d'échantillons de bactéries et de champignons. Les résultats de nos tests garantissent la qualité des grains aux clients au sein du réseau de manutention des grains et sont utiles aux efforts de lutte contre les maladies des grains. Les activités de surveillance et les activités de recherche en sciences appliquées que nous menons sont faites en collaboration avec des partenaires des gouvernements, des universités et de l'industrie, et soutiennent le Programme d'échantillons de récolte de la Commission canadienne des grains.

Identification de pathogènes du blé

Les champignons phytopathogènes sont l'un des plus grands problèmes de la culture du blé, car ils réduisent le rendement et la qualité des grains. Certains champignons les plus nuisibles sont des espèces du genre *Puccinia* qui causent la rouille noire, la rouille jaune et la rouille brune. Les agents causals de la fusariose de l'épi ont également des incidences sur le rendement et la qualité du blé. Ils produisent des toxines qui peuvent contaminer les grains et avoir des effets négatifs sur la salubrité des aliments (figure 1). Divers champignons sont des agents causals de la rouille et de la fusariose, et les différentes espèces et races qui existent causent des degrés variables d'infection, selon les cultivars de blé. L'identification des espèces et des races de pathogènes est importante pour la surveillance des maladies et permet à l'industrie des grains d'être à l'affût des nouvelles souches fongiques.

Les méthodes actuelles utilisées pour l'identification des agents causals de la fusariose et de la rouille font appel à des tests d'ADN, à des essais d'infection de plantes et à la microscopie. Lors de la réalisation d'un essai d'infection, différentes lignées culturales sont inoculées avec des champignons, puis une évaluation visuelle de la maladie est effectuée pour identifier la race de pathogène. La microscopie peut également servir à identifier les microbes d'après leur forme et leur taille. Les essais d'infection et la microscopie sont des méthodes d'identification des microbes laborieuses et coûteuses, et il est généralement préférable d'effectuer des tests d'ADN lorsque ceux-ci sont accessibles. Même si les tests d'ADN constituent une solution peu coûteuse à haut débit pour l'identification des microbes, nous continuons de mettre au point de nouvelles méthodes qui pourront mieux soutenir l'industrie des grains et ses intervenants.



Figure 1 *Fusarium graminearum* se développant dans une boîte de Petri.

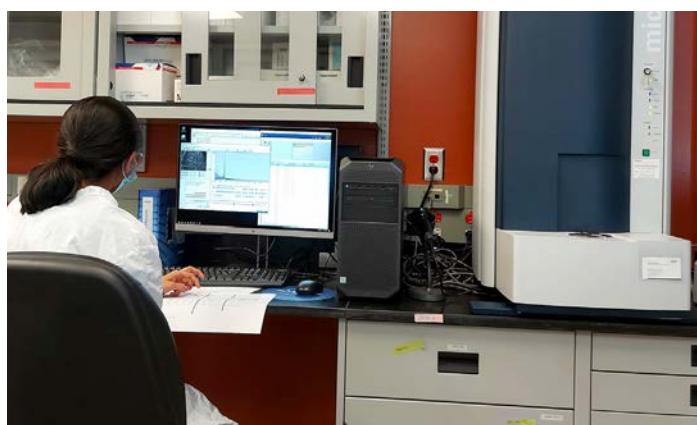


Figure 2 Employée utilisant la technique MALDI-TOF MS pour identifier des champignons présents dans des échantillons de grain.

Création d'empreintes chimiques par spectrométrie de masse

L'un de nos projets consiste à identifier des champignons phytopathogènes par spectrométrie de masse à temps de vol avec désorption-ionisation par impact laser assistée par matrice (MALDI-TOF MS). Cette technique ionise le contenu des échantillons microbiens et les analyse par spectrométrie de masse, ce qui permet de séparer chacun des produits chimiques de l'échantillon selon sa masse et sa charge après qu'ils ont été ionisés (figure 2). Puisque le profil chimique de chaque espèce microbienne est unique, il est comme une empreinte digitale qui peut être identifiée. La technique MALDI-TOF MS est peu coûteuse à utiliser et permet de traiter des centaines d'échantillons par jour. Grâce à cette méthode, nous avons pu créer des empreintes chimiques uniques pour différentes espèces de *Fusarium* (figure 3) et de rouille. Ces empreintes peuvent être utilisées pour l'identification et la surveillance des microbes, offrant ainsi un meilleur soutien analytique aux partenaires du secteur des grains. Ce projet est mené en collaboration avec la Commission canadienne des grains, Agriculture et Agroalimentaire Canada, l'Université du Manitoba, l'Université de la Saskatchewan et l'Université de la Colombie-Britannique. Il est soutenu par la Manitoba Crop Alliance, la Saskatchewan Wheat Development Commission et la Western Grains Research Foundation.

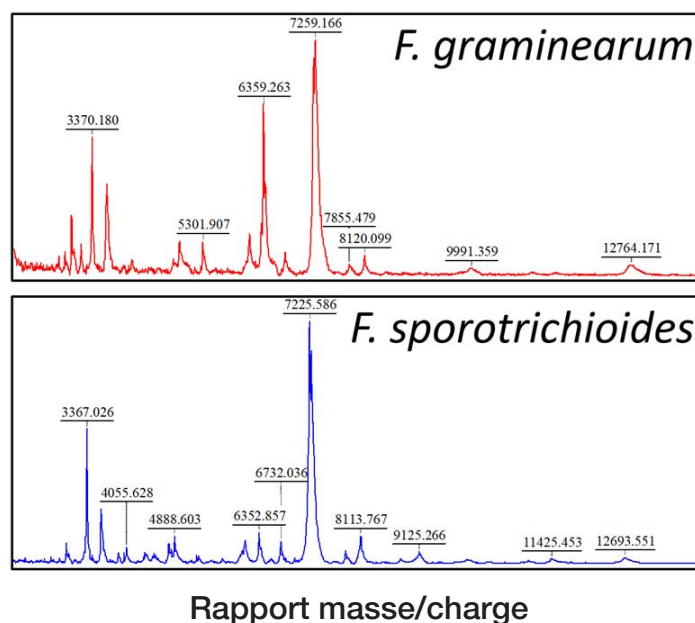


Figure 3 Exemples de profils de *Fusarium graminearum* (en haut, rouge) et de *Fusarium sporotrichioides* (en bas, bleu) générés au moyen de la technique MALDI-TOF MS.

Mobilisation du secteur des grains

Sean Walkowiak, Ph. D., est membre de l'équipe d'évaluation des maladies du Comité de développement des grains des Prairies, lequel formule des recommandations relatives à l'enregistrement des variétés. Il est également membre de l'International Wheat Genome Sequencing Consortium, du 10+ Wheat Genomes Project, de la Société canadienne de phytopathologie, de l'Association de biosûreté et de biosécurité et de l'Association internationale d'essais de semences. Il participe aussi régulièrement à des séances de liaison externe avec des représentants des gouvernements, de l'industrie, des commissions de diverses productions agricoles et des sociétés nationales et internationales. En juillet 2021, il a été le conférencier invité principal pour la réunion tripartite de la Société canadienne de phytopathologie, de la Société canadienne d'agronomie et de la Société canadienne des sciences horticoles. Il est également professeur associé au Département de phytologie de l'Université du Manitoba et initie les étudiants à l'utilisation des plus récents outils utilisés en microbiologie et en génomique des grains.

Publications récentes

Walkowiak, S., C.J. Pozniak, et K.T. Nilsen. « Recent advances in sequencing of cereal genomes ». Tiré de *Accelerated breeding of cereal crops*, Springer Protocols Handbooks, A. Bilichak et J.D. Laurie, New York, Humana, 2022, https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1526-3_1 (en anglais)

Gamage, N.W., J. Bamforth, T. Ashfaq, K. Bernard, T. Gräfenhan, et S. Walkowiak. « Profiling of *Bacillus cereus* on Canadian grain », *PLOS One*, vol. 16, no 11 (2021), article no e0259209 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259209> (en anglais)

Walkowiak, S., L.Gao, C. Monat, G. Haberer, M.T. Kassa, J. Brinton, R.H. Ramirez-Gonzalez, M.C. Kolodziej, E. Delorean, D. Thambugala, et al. « Multiple wheat genomes reveal global variation in modern breeding », *Nature*, vol. 588 (2020), p. 277-283. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2961-x> (en anglais)

Nilsen, K.T., S. Walkowiak, S. Kumar, O.I. Molina, H.S. Randhawa, R. Dhariwal, B. Byrns, C.J. Pozniak, et M.A. Henriquez. « Histology and RNA sequencing provide insights into *Fusarium* head blight resistance in AAC Tenacious », *Frontiers in Plant Science*, vol. 11 (2021). <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.570418> (en anglais)

Rabanus-Wallace, M.T., B. Hackauf, M. Mascher, T. Lux, T. Wicker, H. Gundlach, M. Baez, A. Houben, K.F.X. Mayer, L. Guo, et al. « Chromosome-scale genome assembly provides insights into rye biology, evolution and agronomic potential », *Nature Genetics*, vol. 53, no 4 (2021), p. 564-573. <https://doi.org/10.1038/s41588-021-00807-0> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme

Sean Walkowiak, Ph. D.

Biologistes

Niradha Withana Gamage
Sung-Jong Lee
Tiffany Chin

Techniciennes

Janice Bamforth
Tehreem Ashfaq

Étudiants

Shimosh Kurera
Isabella Hutchison



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

Sheryl Tittlemier, Ph. D.
sheryl.tittlemier@grainscanada.gc.ca

Analyses précises appuyant la salubrité des grains

Dans le cadre du programme d'Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace, nous concentrons nos efforts au suivi, à la surveillance et à la recherche de résidus de pesticides, de mycotoxines et d'éléments à l'état de trace dans les grains. Nous examinons les facteurs à l'origine de la présence de ces substances dans les grains et étudions leur comportement au cours de la transformation pour la production d'aliments à base de grains. Les données de nos activités de suivi, de surveillance et de recherche permettent aux associations sectorielles, aux exportateurs, aux partenaires gouvernementaux et aux utilisateurs finaux d'avoir confiance dans la salubrité et la fiabilité des grains canadiens. Nous effectuons aussi de la recherche pour améliorer l'exactitude et la précision des méthodes d'échantillonnage et d'analyse. Les producteurs et les exportateurs comptent sur notre travail pour obtenir des évaluations précises des résidus de pesticides, des mycotoxines et des métaux lourds dans leurs grains.

Identification efficace des semences traitées

Un exemple de la manière dont notre travail soutient les intervenants de toute la chaîne de valeur des grains est notre analyse des grains soupçonnés de contenir des semences traitées avec des pesticides. Aux fins de la protection des cultures pendant la période de l'ensemencement et du développement initial des semis, les semences de divers grains sont parfois traitées avec des pesticides homologués. Un nettoyage inadéquat de l'équipement, des aires de stockage, des camions, des wagons et d'autres formes de transport peut parfois se traduire par la contamination des grains récoltés par des semences traitées avec des pesticides.

Les grains soupçonnés de contenir des semences traitées sont repérés visuellement par les inspecteurs des grains ou les manutentionnaires (figures 1 et 2), puis des échantillons sont envoyés à l'équipe du programme d'Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace pour fin d'analyse (figure 3). Nous utilisons une nouvelle méthode de spectrométrie de masse à haute résolution avec chromatographie en phase liquide pour déterminer rapidement si des pesticides sont présents dans le grain (figure 4). Il s'agit d'une mesure importante, car d'autres substances utilisées en agriculture, comme des indicateurs de pulvérisation, peuvent donner aux grains l'apparence d'avoir été traités avec un pesticide.

Une fois la présence de pesticides confirmée dans le grain, nous identifions ces pesticides et mesurons leur concentration. Notre étude sur la distribution des semences traitées dans les divers grains nous a permis de mettre au point des méthodes d'analyse plus précises qui assurent la production de données de haute qualité. Les résultats de nos analyses sont utilisés par l'inspecteur en chef des grains du Canada et par les manutentionnaires de grain pour éviter que des grains contaminés ne se retrouvent dans le réseau canadien de manutention des grains. Chaque

année, l'équipe du programme d'Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace effectue en moyenne environ 55 analyses de grains soupçonnés de contenir des semences traitées avec des pesticides. Jusqu'à présent, nous avons constaté que presque tous les grains suspects présentaient des concentrations de pesticides suffisamment faibles pour respecter la réglementation canadienne sur les limites de résidus.

Autres services d'analyse

En plus de faire des analyses de grains soupçonnés de contenir des semences traitées, l'équipe du programme d'Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace effectue des essais de détermination des facteurs de qualité et utilise des méthodes précises pour confirmer la présence :

- de [mycotoxines](#);
- de [glyphosate](#).

Nous effectuons également, sur demande, le dosage du cadmium, du plomb, de l'arsenic et d'autres [éléments à l'état de trace](#) dans les grains.



Figure 1 Semences soupçonnées d'avoir été traitées avec un pesticide.



Figure 2 Inspecteur en train d'examiner des grains.

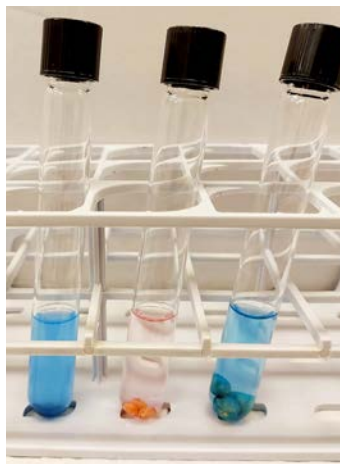


Figure 3 Préparation d'échantillons de grains soupçonnés de contenir des semences traitées.

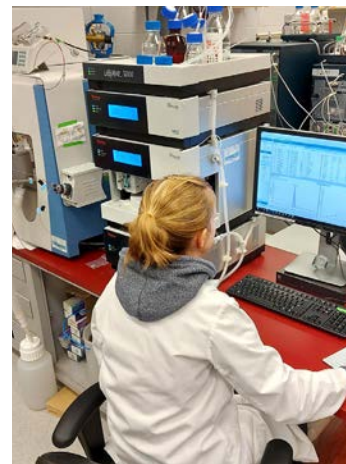


Figure 4 Appareil LC-Orbitrap utilisé en spectrométrie de masse haute résolution avec chromatographie en phase liquide.

Mobilisation du secteur des grains

Au cours de la dernière année, le programme d'Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace a collaboré avec le ministère de l'Agriculture, de la Foresterie et de la Pêche du Japon, l'Agence canadienne d'inspection des aliments, Agriculture et Agroalimentaire Canada et l'Université du Manitoba dans le cadre de projets de recherche sur la présence de contaminants dans les grains et leur analyse. Nous avons également collaboré avec les associations scientifiques et sectorielles suivantes pour réaliser des activités de surveillance, concevoir de nouveaux projets de recherche et évaluer de nouvelles technologies analytiques :

- Pulse Canada,
- l'Association canadienne des cultures spéciales,
- le Flax Council of Canada,
- la Cereals & Grains Association.

En réponse à la nouvelle réglementation sur les contaminants adoptée l'an dernier par l'Union européenne et d'autres pays, les données sur nos activités de contrôle et de surveillance ont été utilisées lors de réunions avec l'Organisation mondiale du commerce et des partenaires commerciaux. Ces données ont également servi de cadre à plus de 4 400 documents délivrés par la Commission canadienne des grains à l'appui de la salubrité des grains canadiens exportés.

Publications récentes

Tittlemier, S.A., L. Bestvater, J. Carlson, J. Kletke, M. Izydorczyk, et B.X. Fu. « Fate of glyphosate in wheat during milling and bread production », *Cereal Chemistry*, vol. 98, no 1 (2021), p. 100-108.
<https://doi.org/10.1002/cche.10369> (en anglais)

Tittlemier, S.A., R. Blagden, J. Chan, M. Roscoe, T.L. McMillan, K. Pleskach, et M.S. Izydorczyk. « Effects of processing whole oats on the analysis and fate of mycotoxins and ergosterol », *World Mycotoxin Journal*, vol. 13, no 1 (2020), p. 45-56.
<https://doi.org/10.3920/WMJ2019.2530> (en anglais)

Tittlemier, S.A., R. Blagden, J. Chan, M. Roscoe, et K. Pleskach. « A multi-year survey of mycotoxins and ergosterol in Canadian oats », *Mycotoxin Research*, vol. 36, no 1 (2019), p. 103-114.
<https://doi.org/10.1007/s12550-019-00373-9> (en anglais)

Tittlemier, S.A., J. Chan, D. Gaba, K. Pleskach, J. Osborne, A.B. Slate, et T.B. Whitaker. « Revisiting the sampling, sample preparation, and analytical variability associated with testing wheat for deoxynivalenol », *World Mycotoxin Journal*, vol. 12, no 4 (2019), p. 319-332.
<https://doi.org/10.3920/WMJ2019.2450> (en anglais)

Tittlemier, S.A., J. Arsiuta, U. Mohammad, C. Hainrich, K. Bowler, R. Croom, A. Olubodun, R. Blagden, T. McKendry, T. Gräfenhan, et K. Pleskach. « Variable relationships between *Fusarium* damage and deoxynivalenol concentrations in wheat in western Canada in 2016 », *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 42, no 1 (2019), p. 41-51.
<https://doi.org/10.1080/07060661.2019.1620861> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheuse et gestionnaire de programme

Sheryl Tittlemier, Ph. D.

Chimistes

Anja Richter
 Jules Carlson
 Hoangkim Luong

Techniciens

Lianna Bestvater
 Michael Bestvater
 Richard Blagden
 Daniel Bockru
 Jason Chan
 Dainna Drul
 Valentina Timofeiev
 Michael Tran
 Bobby Trelka
 Tanya Zirdum

