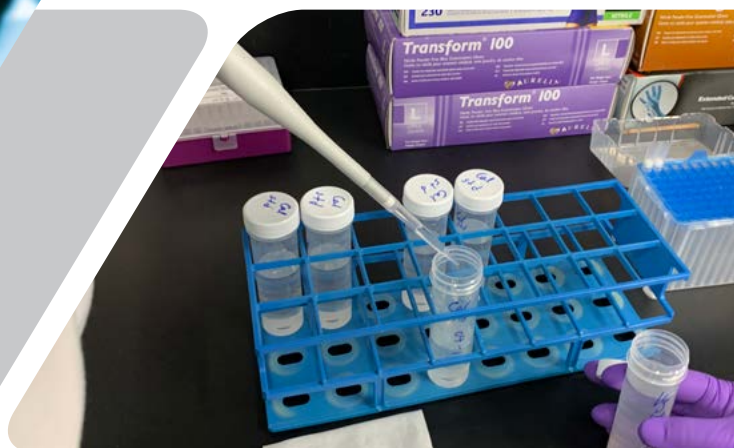


ISSN 2371-0438



LABORATOIRE DE RECHERCHES SUR LES GRAINS

Rapport annuel sur les programmes

2022



Commission canadienne
des grains

Canadian Grain
Commission

Canada



Table des matières

3 Message de la directrice

4 Faits saillants de 2022

Programmes de recherche

6 Recherche sur le blé panifiable et le blé dur

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

14 Oléagineux

17 Recherche sur les légumineuses

20 Services analytiques

23 Biotechnologie des grains

26 Microbiologie et génomique des grains

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

This publication is available in English.

© Sa Majesté le Roi du Chef du Canada, représenté par le ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada, 2023

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.

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

Des échantillons prélevés des expéditions de grain destinées à l'exportation sont analysés afin de s'assurer que les expéditions respectent les paramètres de classement et de qualité du Canada.



Programme d'échantillons de récolte

Les producteurs de grain canadiens qui soumettent un échantillon de leur récolte, sur une base volontaire, reçoivent en retour un rapport personnalisé sur la qualité de leur culture.

[Programme d'échantillons de récolte](#)



Demandes de services d'analyse

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

[Services](#)



Évaluation des lignées des sélectionneurs

Des analyses et des recommandations sont faites pour l'amélioration des lignées des sélectionneurs.



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 2022. Nous avons connu une autre année productive et couronnée de succès malgré le fait que nous ayons eu à continuer à mener et à gérer nos activités dans le contexte de la COVID-19. La plupart de nos employés ont continué de travailler sur place tout en prenant des mesures à des fins de santé et de sécurité. Un nouveau modèle de travail hybride et souple permettant une combinaison de jours de travail sur place et à distance a été mis en œuvre à l'automne pour soutenir ceux qui étaient principalement en télétravail. La mobilisation et la collaboration des employés ont permis une transition harmonieuse vers un environnement de travail post-pandémie, ce qui a été grandement apprécié.

Nous avons terminé nos consultations auprès des producteurs, d'autres membres du secteur des grains et des employés sur les activités de recherche et celles à caractère scientifique réalisées à la Commission canadienne des grains. Les réponses ont été compilées dans un [rapport](#) qui a été publié sur notre site Web. Les consultations nous ont aidés à déterminer les tendances et les défis dans le secteur des grains qui pourraient influencer sur l'orientation de nos travaux de recherche. Nous avons tenu compte de la rétroaction reçue pour entamer l'élaboration d'une stratégie scientifique qui nous aidera à répondre aux besoins du secteur des grains d'aujourd'hui et de demain.

Nous avons également mis en œuvre une rigoureuse politique sur l'intégrité scientifique pour veiller à ce que nos processus de recherche respectent les principes éthiques les plus stricts, favorisant ainsi la transparence, la responsabilisation et la fiabilité dans le cadre de tous nos projets scientifiques. Des lignes directrices ont été élaborées pour appuyer la politique, et de nombreuses présentations aux employés ont été données.

L'un des faits saillants de 2022 est le 95^e anniversaire de la création du Programme d'échantillons de récolte. Créé en 1927, le programme visait alors à déterminer la teneur en protéines du blé et a évolué de sorte qu'il comprend maintenant les 21 grains réglementés par la Commission canadienne des grains. En 2022, plus de 10 000 échantillons de grains ont été reçus de la part de producteurs, ce qui nous a permis de fournir des renseignements utiles sur la qualité des récoltes.

Le rapport de cette année souligne quelques-uns des projets de recherche sur les grains qui ont été réalisés dans nos laboratoires. Nous avons étudié le lien entre la teneur en protéines et les propriétés du blé panifiable, et avons évalué l'incidence de la taille et de la forme du grain sur la qualité de décorticage de l'avoine. Nous avons mis au point un moyen de produire des étalons de référence efficaces concernant les glycosides cyanogènes dans la graine de lin et conçu de nouvelles méthodes pour mesurer les propriétés fonctionnelles des légumineuses. Nos laboratoires ont également mené une étude pour vérifier l'exactitude de nos calculs sur les protéines, démontré dans quelle mesure la transformation peut réduire le niveau de contamination du blé par des produits chimiques, utilisé le profilage d'ADN pour surveiller la qualité des grains et amélioré l'efficacité des méthodes fondées sur l'ADN pour détecter les végétaux génétiquement modifiés.

C'est avec enthousiasme que nous poursuivons notre travail en 2023. Nous continuerons de nous adapter et de trouver des façons nouvelles et novatrices de mener et de promouvoir notre recherche au profit du secteur des grains du Canada. Je vous remercie de prendre le temps de lire le rapport et je vous invite à nous faire part de vos commentaires et réflexions. Nous attendons vos commentaires avec impatience.

Faits saillants de 2022

Prix et reconnaissance

Le Laboratoire de recherches sur les grains est déterminé à viser l'excellence scientifique en utilisant et en respectant des normes, des méthodes et des processus reconnus à l'échelle internationale. En 2022, nos scientifiques et nos laboratoires ont reçu de nombreux prix pour leurs contributions à la recherche sur les grains.

Marta Izydorczyk (Ph. D.)

Prix de la présidence, Cereals & Grains Association

Mme Izydorczyk (Ph. D.) a été élue présidente de la Cereals & Grains Association en 2019. Elle a servi à titre de présidente élue en 2019 et 2020, à titre de présidente en 2020 et 2021, et à titre de présidente sortante en 2021 et 2022. Le prix de la présidence se veut une marque d'appréciation et de reconnaissance visant à souligner ses contributions et les services qu'elle a consentis à l'organisation.

Bin Xiao Fu (Ph. D.)

Nomination à titre de membre, International Association of Cereal Science and Technology

M. Fu (Ph. D.) a été reconnu pour ses contributions à la recherche sur la qualité du blé et à l'élaboration de méthodes, ce qui favorise l'amélioration de la qualité des aliments de base faits à partir de blé, comme le pain, les pâtes et les nouilles asiatiques. Il est le cinquième Canadien à recevoir cet honneur, et le troisième scientifique du Laboratoire de recherches sur les grains.

Sheryl Tittlemier (Ph. D.)

Prix Edith A. Christensen for Outstanding Contributions in Analytical Methodology, Cereals & Grains Association

Mme Tittlemier (Ph. D.) a été récompensée pour avoir mis au point et évalué des outils analytiques permettant de mesurer les résidus de pesticides dans les grains et pour avoir étudié le devenir du glyphosate pendant la mouture et la panification.

Programme des Oléagineux

Premier prix dans le domaine de l'analyse par chromatographie en phase gazeuse, American Oil Chemists' Society

Pour la deuxième année consécutive, Véronique Barthet (Ph. D.) et son équipe ont remporté le premier prix du Programme d'évaluation de la compétence des laboratoires. En remportant le premier prix en analyse chromatographique, notre labo des Oléagineux se classe au premier rang de la première tranche de 10 % des laboratoires qui analysent les acides gras.

Sean Walkowiak (Ph. D.)

Prix Jeune scientifique exceptionnel, Société canadienne de phytopathologie

Ce prix a été décerné à M. Walkowiak (Ph. D.) pour avoir apporté une contribution exceptionnelle à la phytopathologie au Canada grâce à des travaux de recherche de haut niveau et à l'application pratique d'une expertise scientifique ou technologique.

Daniel Perry (Ph. D.)

Un mentor qui compte, revue *Germination*

M. Perry (Ph. D.), qui a pris sa retraite du Laboratoire de recherches sur les grains après y avoir passé 21 ans, a été sélectionné parmi les mentors qui comptent pour avoir élaboré des méthodes d'analyse de routine fondées sur l'ADN et les avoir fait connaître à ses collègues.



Faits saillants de 2022

95e anniversaire du Programme d'échantillons de récolte

L'année 2022 a marqué le 95e anniversaire du Programme d'échantillons de récolte. Le programme a pris de l'ampleur au fil des ans, et on y accepte maintenant les 21 grains réglementés par la Commission canadienne des grains.

En 2022, nous avons reçu **10 238 échantillons** des producteurs de grain.

En plus de fournir un grade non officiel pour chaque échantillon, nous avons analysé :

- le taux d'impuretés du canola et de la graine de moutarde;
- la teneur en protéines de l'avoine, du blé, des haricots, des lentilles, de l'orge, des pois et des pois chiches;
- la teneur en huile, en protéines et en chlorophylle du canola;
- la teneur en huile et en protéines et l'indice d'iode de la graine de lin;
- la teneur en huile et en protéines de la graine de moutarde et du soja;
- l'indice de chute du blé et du seigle;
- la teneur en vomitoxine (désoxynivalénol ou DON) de l'avoine, du blé, du maïs et de l'orge.

Rapports sur la qualité

Chaque année, nous publions des rapports sur la qualité d'utilisation finale des récoltes et des exportations de grain canadien. En 2022, nous avons publié [39 rapports](#) sur les données provisoires et l'évaluation finale de la qualité de 10 différents types de grain. Ces rapports évaluaient différents grades, classes et variétés, en fonction du type de grain. Les rapports de données préliminaires ont été régulièrement mis à jour au fur et à mesure que les résultats étaient connus.

Faits saillants de 2022

Vulgarisation et mise en commun de l'expertise

En 2022, nous avons transmis notre expertise et nos résultats de recherche de différentes façons. Notre personnel a publié des articles dans des revues à comité de lecture, participé à des conférences scientifiques et organisé des séminaires. Nous avons participé à des réunions avec des groupes d'intervenants du Canada et du monde entier, ainsi qu'à des expositions agricoles.

Nous avons par ailleurs utilisé les médias sociaux pour entrer en contact avec les producteurs et d'autres membres du secteur des grains. Nous avons fait la promotion de nos programmes et de notre personnel, communiqué des renseignements à jour sur nos services et nos travaux de recherche, et répondu aux questions et aux préoccupations.

Voici sur quoi portaient quelques-unes de nos publications les plus populaires en 2022 :



Prises de contrôle du compte Twitter

Des employés du Laboratoire de recherches sur les grains ont pris part à quatre prises de contrôle du compte Twitter afin de faire découvrir nos méthodes et notre équipement aux producteurs et autres abonnés au compte de la Commission canadienne des grains.



Rapports sur la qualité des récoltes et rapports d'enquête sur le *Fusarium*

Chaque année, nous rendons compte de la qualité des récoltes ainsi que de l'incidence et de la gravité des grains fusariés dans le blé roux de printemps de l'Ouest canadien et le blé dur ambré de l'Ouest canadien à partir des échantillons soumis dans le cadre du Programme d'échantillons de récolte.



Progrès dans les sciences agricoles

Ces courts articles rédigés dans un langage simple présentent au secteur des grains et au grand public certaines de nos plus récentes conclusions et expliquent leur incidence sur les producteurs canadiens.



Recherche sur le blé panifiable et le blé dur

Bin Xiao Fu, Ph. D.

binxiao.fu@grainscanada.gc.ca

Comment la teneur en protéines influe-t-elle sur la fonctionnalité du blé panifiable?

Le programme de Recherche sur le blé panifiable et le blé dur soutient le système canadien d'assurance de la qualité du blé de multiples façons. Nous analysons la qualité des nouvelles récoltes, évaluons de nouvelles lignées de blé dans le cadre d'essais d'enregistrement, fournissons la base scientifique des tolérances associées aux grades de blé et contrôlons les cargaisons de blé. Nos travaux de recherche visent à comprendre comment les propriétés physicochimiques et biochimiques du blé influent sur sa qualité, et nous mettons au point de nouvelles techniques d'évaluation de la qualité du blé.

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

Alyssa Hilapo

Angelique Parajas

Andrea Iverson

Dale Taylor

Jerry Suchy (retraité)

Joseffus Santos

Katherine Cordova

Shermy Jayasekara

Ofelia Francisco-Pabalan, (retraitée)

Yuming Chen

Nous avons récemment entrepris une étude pour mieux comprendre l'incidence des protéines sur le rendement à la transformation du blé AAC Brandon, la variété dominante de blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS). Bien que la teneur et la composition en protéines soient cruciales pour la qualité fonctionnelle du blé, il a été difficile d'isoler l'une de l'autre pour comprendre leur contribution au rendement à la transformation du blé. Pendant une sécheresse, la teneur en protéines du blé peut augmenter, et la saison de croissance chaude et sèche de 2021 dans l'Ouest canadien a constitué une occasion unique d'obtenir des échantillons d'AAC Brandon avec une gamme de teneur en protéines plus large que d'habitude. En utilisant ces échantillons, nous avons mesuré les variations du rendement à la

mouture, des propriétés de la pâte et de la qualité boulangère en fonction de la teneur en protéines. Nous avons également examiné la composition en protéines pour comprendre le fondement biochimique des variations de fonctionnalité observées.

Échantillons de blé et qualité de la farine

Des échantillons d'AAC Brandon (CWRS no 2 ou supérieur) ont été mélangés en sept agrégats en fonction de leur teneur en protéines. Les agrégats ont été divisés en groupes de 11,5 %, 12,6 %, 13,6 %, 14,5 %, 15,6 %, 16,6 % et 17,7 % de protéines. Nous avons constaté que le poids spécifique diminuait progressivement avec l'augmentation de la teneur en protéines (figure 1a). Le poids spécifique de chaque agrégat était

toutefois supérieur au minimum requis pour le blé CWRS n° 1 (79 kg/hl). Des échantillons de farine ont été préparés à l'aide d'un moulin de laboratoire Bühler MLU 202 avec un taux d'extraction constant de 74 % pour l'analyse comparative. Le rendement à la mouture a augmenté pour les agrégats dont la teneur en protéines était comprise entre 11,5 % et 14,5 %, mais a diminué pour les agrégats dont la teneur en protéines était plus élevée, en raison d'une diminution de la taille des grains et du poids spécifique (figure 1b).

Propriétés de la pâte et qualité du produit final

Les propriétés de la pâte ont été mesurées au farinographe et à l'extensographe selon les [méthodes internationales de l'AACC](#) (en anglais). Les résultats de nos essais sur les agrégats de blé AAC Brandon sont présentés au tableau 1. On a constaté que le besoin de malaxage, comme indiqué par le temps de développement de la pâte, augmentait avec l'augmentation de la teneur en protéines. La force de la pâte, mesurée

par la résistance maximale (Rmax) et la stabilité, a également augmenté avec la teneur en protéines. L'extensibilité de la pâte montrait une tendance à la hausse avec l'augmentation de la teneur en protéines.

La qualité boulangère a été déterminée à l'aide du procédé rapide canadien (PRC) et du procédé levain-levure (LL). Les résultats du procédé LL ont montré que le volume du pain augmentait avec la teneur en protéines (fig. 2), alors qu'aucun changement de volume n'a été observé avec le PRC. Nous avons effectué une analyse du profil de texture de la mie de pain à l'aide d'un analyseur

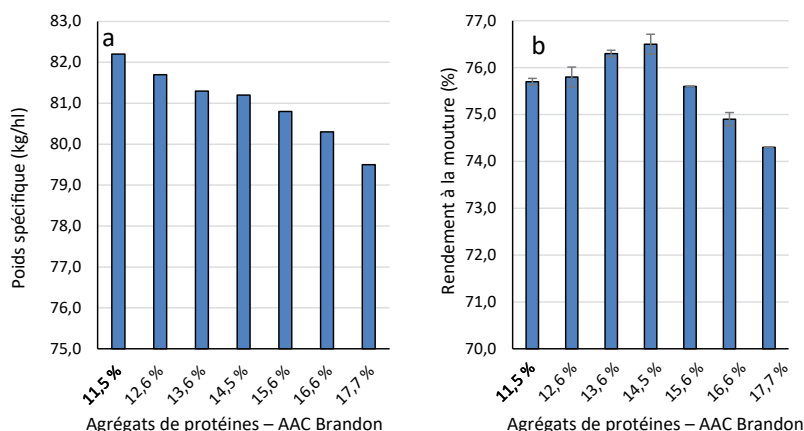


Figure 1 Poids spécifique (a) et rendement à la mouture (b) pour sept agrégats de blé AAC Brandon en fonction de leur teneur en protéines.

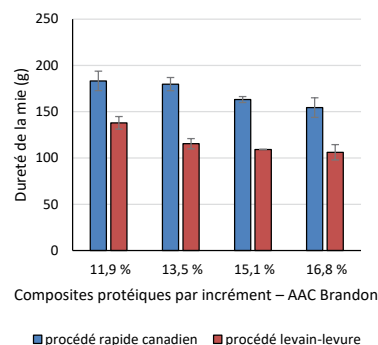


Figure 3 Dureté de la mie en fonction de la teneur en protéines pour les agrégats de blé AAC Brandon.



Figure 2 Le procédé levain-levure a produit des volumes de pain augmentant avec la teneur en protéines.

de texture TA.XT2. Les pains produits par le PRC et le procédé LL affichaient une diminution de la dureté de la mie avec l'augmentation de la teneur en protéines (figure 3).

Protéines de la farine et fractions protéiques fonctionnelles

Les protéines de la farine ont été fractionnées en protéines monomériques (PM), gluténines solubles (GS) et gluténines insolubles (GI). La quantité

absolue de GI dans la farine provenant des agrégats de blé AAC Brandon a augmenté linéairement avec la teneur en protéines, tandis que le pourcentage de GI par rapport à la quantité totale de protéines est resté largement inchangé (figure 4). Nous avons également constaté que la somme des quantités de GS et de PM augmentait proportionnellement à la teneur en GI (figure 5).

Les gluténines insolubles ont été analysées par chromatographie liquide

ultra-haute performance en phase inversée. La fraction de gluténines insolubles dans le 1-propanol à 45 % a été réduite et alkylée avant d'être séparée à l'aide d'une colonne BEH C4 300Å. Nos résultats ont confirmé que la quantité totale de GI était directement liée à la teneur en protéines de la farine et que la proportion de GI par rapport aux protéines totales variait peu lorsque les résultats étaient normalisés selon une teneur en protéines de 13,5 %. (tableau 2).

Tableau 1 Comparaison des propriétés de la pâte pour les agrégats de blé AAC Brandon en fonction de leur teneur en protéines.

Propriété de la pâte	11,5 %	12,6 %	13,6 %	14,5 %	15,6 %	16,6 %	17,7 %
Farinographe							
Absorption, %	62,5	62,9	63,3	63,6	64,5	66,4	67,5
Temps développ. pâte, min.	3,25	6,25	6,75	9,25	11,25	9,50	14,50
Stabilité, min.	8,0	12,0	13,5	14,5	16,5	15,5	20,0
Extensographe							
Force (Rmax), UB	465	556	554	614	646	598	732
Extensibilité (longueur), cm	19,5	18,4	20,4	19,3	20,5	22,0	21,2
Surface, cm ²	119	130	146	153	171	168	197

Tableau 2 Comparaison de la composition en sous-unités des gluténines insolubles dans le 1-propanol à 45 % dans les agrégats de blé AAC Brandon en fonction de leur teneur en protéines.*

Composition en sous-unités	11,5 %	12,6 %	13,6 %	14,5 %	15,6 %	16,6 %	17,7 %
Gluténines insolubles (aire de pic x 10 ⁶)							
Sous-unités des gluténines de poids moléculaire élevé (PME)	4,6	5,4	5,5	5,7	5,5	5,9	5,8
Sous-unités des gluténines de poids moléculaire faible (PMF)	11,7	12,0	12,0	11,8	11,5	11,6	11,6
Aire totale des gluténines insolubles	16,3	17,5	17,5	17,5	17,1	17,4	17,4
PME/PMF	0,43	0,45	0,46	0,48	0,48	0,51	0,50

*Tous les résultats ont été normalisés en fonction d'une teneur en protéines de la farine de 13,5 %.

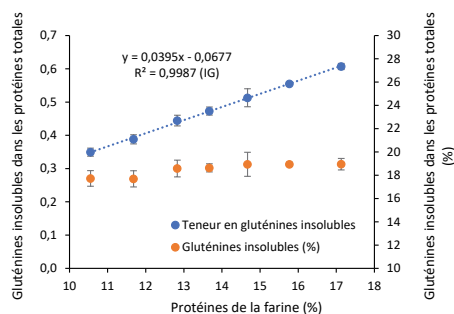


Figure 4 Effet de la teneur en protéines sur la quantité et la proportion de gluténines insolubles dans les agrégats de blé AAC Brandon.

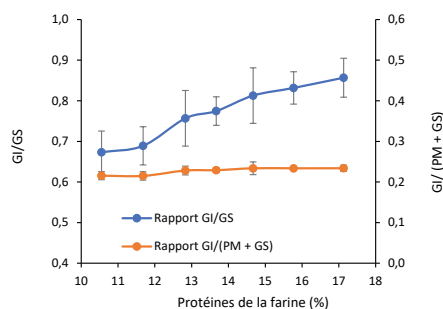


Figure 5 Effet de la teneur en protéines sur le rapport gluténines insolubles/gluténines solubles (GI/GS) et sur le rapport gluténines insolubles/somme des protéines monomères et gluténines solubles (GI/(PM + GS)).

Conclusions

- Le rendement à la mouture a augmenté lorsque la teneur en protéines est passée de 11,5 % à 14,5 %, mais il a diminué lorsque la teneur en protéines a continué d'augmenter.
- Le blé AAC Brandon présentait des propriétés de la pâte bien équilibrées dans une large gamme de teneurs en protéines : la force de la pâte et le temps de développement de la pâte augmentaient avec la teneur en protéines, et l'extensibilité avait une tendance à la hausse.
- La corrélation positive entre la force de la pâte et la teneur en protéines du blé AAC Brandon était due à une augmentation de la quantité totale de gluténines insolubles et non à sa proportion dans les protéines totales.
- Les propriétés de la pâte bien équilibrées de tous les agrégats de blé AAC Brandon peuvent être attribuées au rapport relativement constant entre les gluténines insolubles et la somme des protéines monomères et des gluténines solubles.
- Le volume du pain a augmenté avec la teneur en protéines lorsqu'il a été mesuré à l'aide du procédé LL.
- La dureté de la mie de pain a diminué avec l'augmentation de la teneur en protéines.

Publications récentes

WANG, K., C.J. POZNIAK, Y. RUAN et B.X. FU. « Unveiling the impact of durum wheat protein quantity and quality on textural properties and micro-structure of cooked pasta », *Cereal Chemistry*, vol. 100, n° 2 (2022), p. 484-499. <https://doi.org/10.1002/cche.10627> (en anglais)

BACALA, R., D.W. HATCHER, H. PERREAULT et B.X. FU. « Challenges and opportunities for proteomics and the improvement of bread wheat quality », *Journal of Plant Physiology*, vol. 275 (2022), art. 53743. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2022.153743> (en anglais)

SARKAR, A. et B.X. FU. « Impact of quality improvement and milling innovations on durum wheat and end products », *Foods*, vol. 11, n° 12 (2022), art. 1796. <https://doi.org/10.3390/foods11121796> (en anglais)

WALKOWIAK, S., D. TAYLOR, B.X. FU, D. DRUL, K. PLESKACH et S.A. TITTELMIER. « Ergot in Canadian cereals – relevance, occurrence, and current status », *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 44, n° 6 (2022), p. 793-805. <https://doi.org/10.1080/07060661.2022.2077451> (en anglais)

ODURO-OBENG, H., F.B. APEA-BAH, K. WANG, B.X. FU et T. BETA. « Effect of cooking duration on carotenoid content, digestion and potential absorption efficiencies among refined semolina and whole wheat pasta products », *Food & Function*, n° 13 (2022), p. 5953-5970. <https://doi.org/10.1039/D2FO00611A> (en anglais)



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

Marta S. Izydorczyk, Ph. D.

marta.izydorczyk@grainscanada.gc.ca

Étude des facteurs physiques et des composants bioactifs qui influent sur la qualité des grains

Dans le cadre du programme Mouture et maltage - Recherche sur l'orge et d'autres grains, nous menons de la recherche pour identifier, caractériser et quantifier les facteurs et les mécanismes moléculaires responsables de la qualité, de la fonctionnalité et de la performance de l'orge et d'autres grains canadiens, comme l'avoine et le sarrasin. Nous mettons au point de nouvelles technologies de mesure de la qualité et étudions des façons innovantes d'utiliser l'orge et d'autres grains. Nous contrôlons la qualité de l'orge destinée à l'exportation et évaluons les nouvelles lignées d'orge et la qualité de l'orge brassicole produite dans l'Ouest canadien.

Membres de l'équipe

Chercheuse et gestionnaire de programme

Marta S. Izydorczyk, Ph. D.

Chimistes

Tricia McMillan
Arzoo Sharma

Techniciens

Anna Chepurna
Debby Kelly
Jerry Kletke
Cherianne McClure
Shin Nam
Shawn Parsons
Dave Turnock

Effet de la forme du grain sur le poids spécifique et le décortiquage de l'avoine

Nous avons récemment réalisé une étude pour comprendre comment les facteurs physiques influent sur le poids spécifique et l'efficacité de décortiquage des variétés d'avoine Summit et CS Camden, couramment cultivées dans l'Ouest canadien.

Une comparaison des variétés d'avoine Summit et CS Camden de 2020 et de 2021 a montré qu'elles avaient des grains de largeur semblable, mais que les grains de la variété Summit étaient plus courts, ce qui leur donnait une forme plus petite et plus arrondie (figure 1). Bien que la taille plus petite des grains de la variété Summit coïncidait avec leur poids

plus faible, ces grains avaient tendance à présenter un poids spécifique plus élevé que les grains de la variété CS Camden lorsque des poids équivalents étaient comparés (figure 2). Cette constatation suggère que les grains plus petits et plus arrondis de l'avoine Summit se tassent plus efficacement que ceux de l'avoine CS Camden. Du fait de leur forme allongée, les grains de la variété CS Camden ont des glumes plus longues qui sont plus susceptibles d'emprisonner de l'air lorsqu'elles se chevauchent, ce qui se traduit par une efficacité de tassement et un poids spécifique plus faibles.

La forme des grains a également influé sur l'efficacité de décortiquage des grains des variétés Summit et CS Camden. Les grains plus courts et plus arrondis de l'avoine Summit ont donné un pourcentage plus élevé de gruaux après

le décortiquage que ceux de l’avoine CS Camden (figure 3). Les glumes plus longues des grains de la variété CS Camden semblaient protéger les gruaux contre les bris durant le décortiquage, mais elles ont donné lieu à un moins

grand nombre de grains décortiqués (tableau 1). Les gruaux de l’avoine CS Camden étaient cependant légèrement plus gros et plus denses que ceux de l’avoine Summit. Nous n’avons trouvé aucune différence significative dans les

teneurs en protéines et en huile entre les deux types de gruaux, mais les gruaux de l’avoine CS Camden contenaient plus de β-glucanes et moins d’arabinoxylanes que ceux de l’avoine Summit.

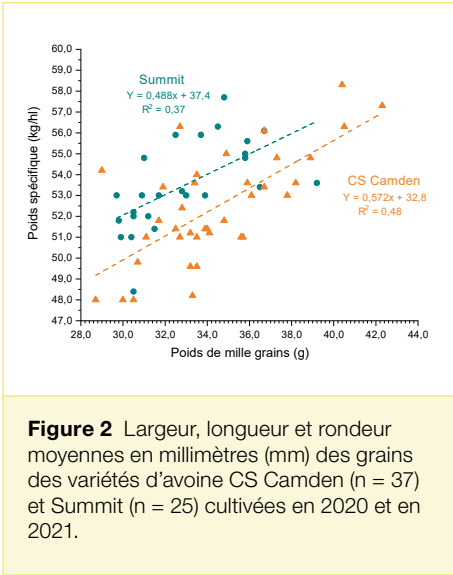
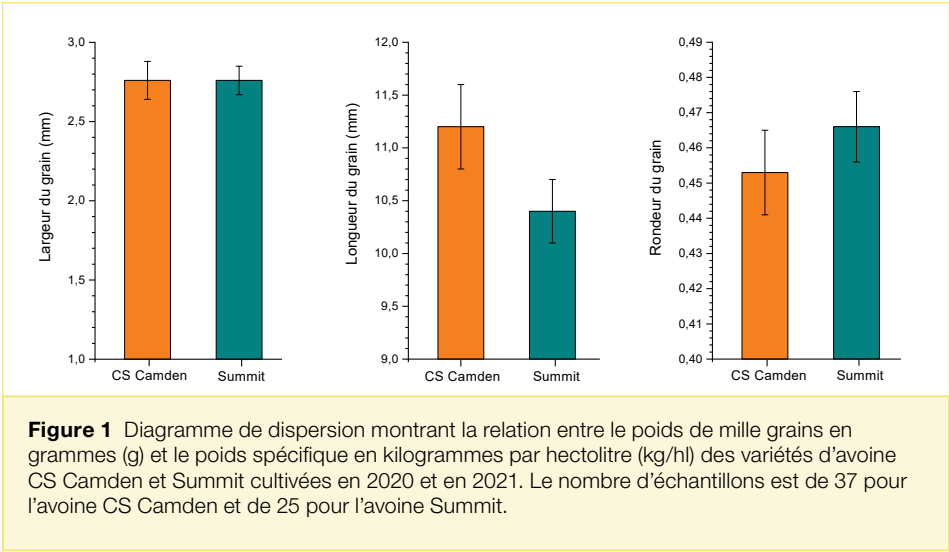
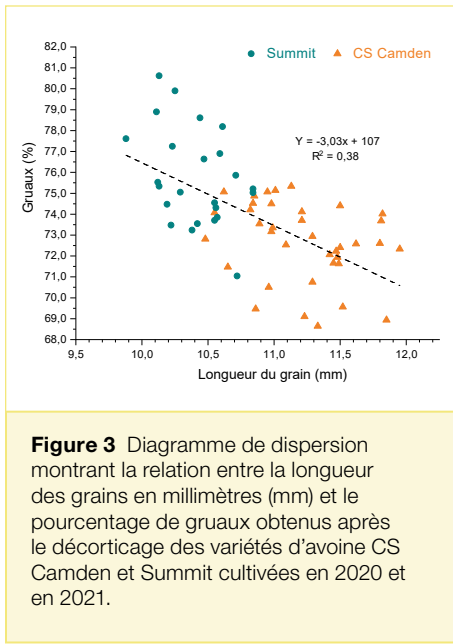


Tableau 1 Résultats de décortiquage des grains CS Camden et Summit en 2020 et en 2021, La catégorie du total des gruaux comprend les gruaux entiers et les gruaux brisés,

Variété	Année	Total des gruaux (%)		Gruaux brisés (%)		Glumes (%)		Grains décortiqués (%)	
		Moyenne	ET ¹	Moyenne	ET	Moyenne	ET	Moyenne	ET
CS Camden	2020	73,5	1,5	0,8	0,8	26,4	1,5	4,2	2,9
	2021	71,8	1,9	1,9	1,2	27,9	1,9	5,1	3,0
Summit	2020	76,3	3,1	1,8	1,6	23,7	3,1	1,2	1,3
	2021	74,8	1,7	2,5	1,2	25,2	1,7	1,1	0,6

¹ ET = écart type



Effet de la durée de germination sur la structure et la masse de β -glucanes et d'arabinoxylanes dans le moût d'orge

Dans le cadre d'une autre étude récente, nous avons étudié les effets de la durée de germination sur la concentration, la masse moléculaire et la structure des β -glucanes et des arabinoxylanes dans

le moût d'orge. Ces composés sont les principaux types de polysaccharides non amylacés présents dans les parois cellulaires des grains d'orge. Au cours du maltage, le procédé de germination contrôlée les décompose. Or, si les β -glucanes ne sont pas suffisamment décomposés, ils peuvent nuire au brassage et à la qualité de la bière en augmentant la viscosité, en formant des gels et en rendant la bière trouble. On ne comprend pas tout à fait le rôle des

arabinoxylanes dans ces phénomènes ni le mécanisme précis par lequel ils y contribuent. Nous avons échantillonné différentes variétés d'orge à grains nus et d'orge à grains vêtus cultivées au Canada, avons fait tremper les grains à 13 °C durant 48 heures (h), puis les avons fait germer à 15 °C. Nous avons ainsi comparé cinq durées de germination : 24 h (G1), 48 h (G2), 72 h (G3), 96 h (G4) et 120 h (G5).

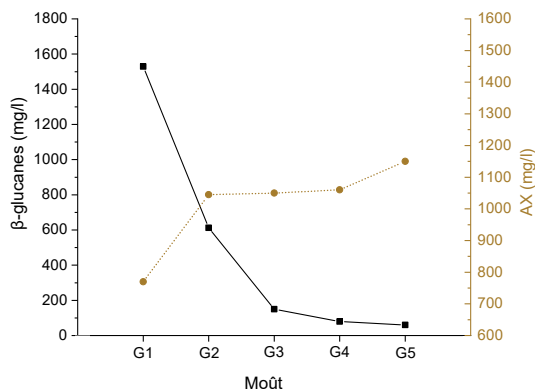


Figure 4 Effet de la durée de germination sur les concentrations en milligrammes par litre (mg/l) des β -glucanes et des arabinoxylanes (AX) dans le moût d'orge AAC Synergy. La durée de germination a été mesurée en heures (h), et les échantillons ont été identifiés comme G1 (24 h), G2 (48 h), G3 (72 h), G4 (96 h) et G5 (120 h).

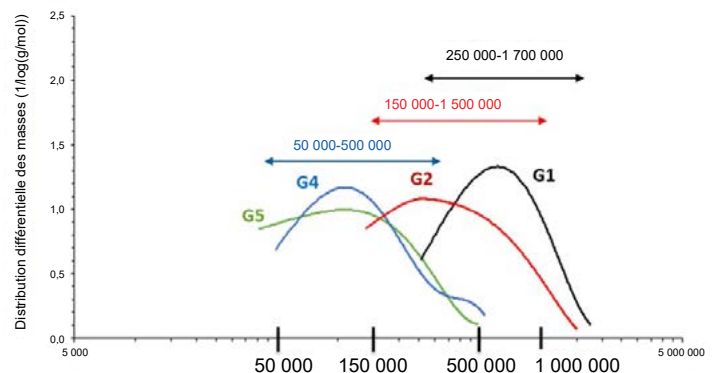


Figure 5 Effet de différentes durées de germination sur la masse molaire des polysaccharides non amylacés (β -glucanes et arabinoxylanes) dans le moût. La durée de germination a été mesurée en heures (h), et les échantillons ont été identifiés comme G1 (24 h), G2 (48 h), G3 (72 h), G4 (96 h) et G5 (120 h).

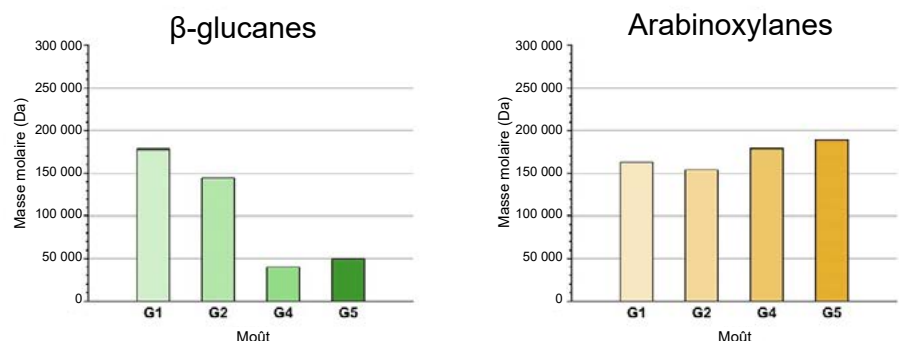


Figure 6 Masse molaire moyenne des β -glucanes et des arabinoxylanes dans le moût d'orge après différentes durées de germination. La durée de germination a été mesurée en heures (h), et les échantillons ont été identifiés comme G1 (24 h), G2 (48 h), G3 (72 h), G4 (96 h) et G5 (120 h).

Résultats de notre étude

- Avec l'augmentation de la durée de germination, la concentration de β -glucanes dans le moût a significativement diminué, mais la concentration d'arabinoxylanes a augmenté (figure 4).
- La masse moléculaire des β -glucanes et des arabinoxylanes diminue significativement avec l'augmentation de la durée de germination (figure 5).
- Dans des conditions favorables à la dégradation des β -glucanes (forte hydratation, longue durée de germination), les β -glucanes qui restaient dans le moût avaient de longues chaînes polymères présentant un rapport unités cellotriosyles/unités cellotétraosyles (DP3/DP4) relativement élevé. Ces propriétés moléculaires contribuent probablement à la tendance des chaînes à se séparer du moût lorsque l'on modifie les conditions du solvant, p. ex. température, concentrations de sucre ou d'alcool et forces de cisaillement.
- Les arabinoxylanes qui restaient dans le moût résistaient à l'hydrolyse enzymatique en raison de leur structure très ramifiée et de la présence d'autres substituants le long des chaînes de xylane (résidus d'acide férulique).
- L'hydrolyse ciblée des polysaccharides non amylacés dans le moût a révélé que la masse molaire moyenne des arabinoxylanes du moût était systématiquement plus élevée que celle des β -glucanes (figure 6).

Conclusions

Notre étude a montré que l'augmentation de la durée de germination peut réduire efficacement la concentration et la masse molaire des β -glucanes dans le moût, mais que la durée de germination doit être optimisée pour éviter une solubilisation excessive des arabinoxylanes pendant le maltage et l'empâtage.

Publications récentes

Izydorczyk, M.S., A. Badea, et A.D. Beattie. « Physicochemical properties and malting potential of new Canadian hulless barley genotypes ». *J. Am. Soc. Brew. Chem.*, vol. 81, no 2 (2022), p. 299-307. <https://doi.org/10.1080/03610470.2022.2065453> (en anglais)

Chen, W., H.Y.K. Cheung, M. McMillan, T.K. Turkington, M.S. Izydorczyk, et T. Gräfenhan. « Dynamics of indigenous epiphytic bacterial and fungal communities of barley grains through the commercial malting process in western Canada ». *Current Research in Food Science*, vol. 5 (2022), p. 1352-1364. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.08.009> (en anglais)

Izydorczyk, M.S. « Effects of grain hydration and germination time during malting on the molecular structure and mass of β -glucans and arabinoxylan in wort » [résumé]. 23rd North American Barley Researchers Workshop, Davis (Californie), États-Unis, du 21 au 25 sept. 2022.

Izydorczyk, M.S. et T. McMillan. Rapport sur la récolte annuelle d'orge en 2022. Production et qualité de l'orge brassicole de l'Ouest canadien. <https://www.grainscanada.gc.ca/fr/recherche-donnees/qualite-exportations/cereales/orge-brassicole/2022/>

Izydorczyk, M.S., J. Kletke, A. Sharma, A. Chepurna, et S. Nam. « Effects of grain steaming on the milling performance and physicochemical properties of dietary fibre in hulless food barley » [résumé]. *Cereals & Grains 2022*, Bloomington (Minnesota), États-Unis, du 9 au 11 nov. 2022.



Oléagineux

Véronique J. Barthet, Ph. D.

veronique.barthet@grainscanada.gc.ca

Production d'étalons de référence pour la mesure des glycosides cyanogènes dans la graine de lin

Dans le cadre du programme des Oléagineux, nous effectuons de la recherche sur les oléagineux cultivés au Canada, notamment le canola, le colza, la graine de lin, le soja et la graine de moutarde. Nous évaluons notamment les effets des facteurs de classement sur la qualité des oléagineux et analysons en quoi les divers composants des oléagineux, dont les acides gras libres, influent sur la qualité des grains et la qualité de leurs produits dérivés. Une autre partie importante de notre travail consiste à évaluer et à mettre au point les méthodes que nous utilisons pour analyser la qualité des oléagineux. Entre autres, nous validons nos méthodes de référence en regard des normes internationales, développons la spectroscopie dans le proche infrarouge à l'aide de modèles pour prédire la qualité des oléagineux et mettons au point de nouvelles méthodes d'analyse des composés mineurs présents dans les oléagineux. Par ailleurs, une autre partie de notre travail dans le cadre du programme des Oléagineux consiste à évaluer la qualité d'échantillons d'oléagineux qui ont été soumis au titre du Programme d'échantillons de récolte et d'autres qui ont été prélevés dans des cargaisons de grain destiné à l'exportation.

Membres de l'équipe

Chercheuse et gestionnaire de programme

Véronique J. Barthet, Ph. D.

Chimistes

Ann Puvirajah
Tao Fan

Techniciens

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

Présence de glycosides cyanogènes dans les plantes

Même si certains composés ne sont présents qu'en faibles quantités dans les oléagineux, ils peuvent tout de même limiter leur utilisation en alimentation humaine et animale. Nous nous intéressons à l'un des groupes de composés, soit les glycosides cyanogènes présents dans la graine de lin. On recense près de 75 différents glycosides cyanogènes connus dans plus de 2500 espèces de plantes. Ces composés sont considérés comme des facteurs antinutritifs, et c'est la raison

pour laquelle leurs concentrations sont réglementées dans certains produits alimentaires, dont la farine de manioc. Chez certaines espèces végétales, les glycosides cyanogènes se trouvent dans toutes les parties de la plante (p. ex., le manioc et le lin), tandis que d'autres espèces végétales n'en contiennent que dans certaines de leurs structures (p. ex., les pépins de pomme). Le rôle des glycosides cyanogènes dans les plantes n'est pas entièrement compris; certains ont suggéré qu'ils conféreraient aux plantes une résistance aux prédateurs (p. ex., herbivores, nématodes, champignons).

Rôle des étalons de référence

Nous savons que les graines de lin intactes (non endommagées) contiennent deux diglycosides cyanogènes, la linustatine et la néolinustatine. Deux monoglycosides cyanogènes, la linamarine et la lotaustraline, ont été trouvés dans les plantules, les plants en croissance, les fleurs, les graines endommagées et les graines immatures de lin. Au moyen de la chromatographie en phase gazeuse et en comparant les profils chromatographiques des extraits de graines de lin avec ceux d'étalons de référence hautement purifiés, nous identifions et mesurons les concentrations de glycosides cyanogènes dans les graines de lin. En raison du coût élevé et de la non-disponibilité de certains étalons de glycosides cyanogènes, le dosage de ces composés est souvent difficile. Nous avons donc fait des essais de production d'étalons purs pour voir s'il serait possible de mettre au point une méthode de production qui soit à la fois rapide et économique pour obtenir des étalons que nous pourrions utiliser dans les analyses de routine des glycosides cyanogènes dans les graines de lin.

Production de glycosides cyanogènes purifiés aux fins des analyses de routine

En effectuant une analyse de la littérature scientifique, nous avons appris que

les graines de lin germées contiennent les quatre composés cyanogènes que nous voulions étudier. En analysant des graines de lin germées, nous avons déterminé qu'il suffisait de laisser les graines pendant 72 heures dans un plateau de germination pour que des glycosides cyanogènes soient produits. Nous avons analysé plusieurs échantillons et échantillons composites pour trouver des échantillons qui produisent des quantités suffisantes de glycosides cyanogènes afin de les utiliser comme étalons de référence (figure 1). Nous avons extrait les glycosides cyanogènes par la méthode mise au point précédemment, puis nous les avons séparés par chromatographie liquide préparative à haute performance

(Prep-HPLC) (figure 2). Nous avons ensuite recueilli les fractions obtenues par HPLC et identifié celles qui contenaient des glycosides cyanogènes (figure 3). Enfin, comme dernière étape, par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse, nous avons analysé les fractions concentrées correspondant à chaque glycoside cyanogène pour voir si nous pourrions les utiliser comme étalons pour effectuer des analyses de routine (figure 4). Nos résultats indiquent qu'il est possible de produire des glycosides cyanogènes purifiés sous forme naturelle afin de compléter les étalons commerciaux offerts sur le marché pour réaliser des analyses de routine de graines de lin.

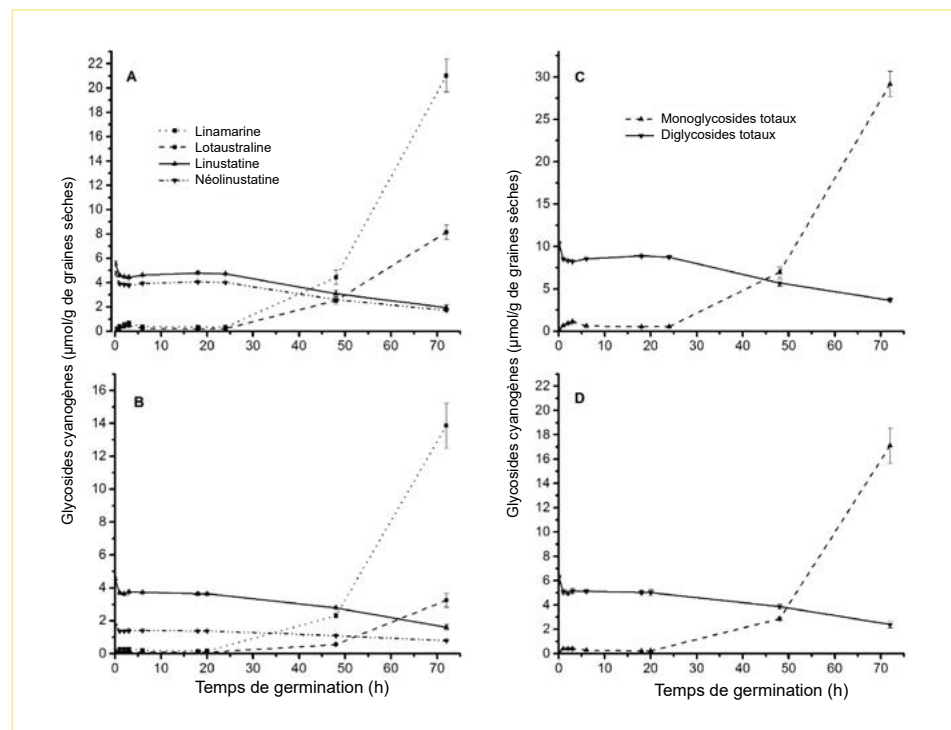


Figure 1 Effet du temps de germination sur la teneur en glycosides cyanogènes d'une variété de graine de lin à tégument brun (A, C) et d'une variété de graine de lin à faible teneur en cyanogènes (B, D). Les concentrations des glycosides individuels (A, B) et des monoglycosides et diglycosides totaux (C, D) sont mesurées en micromoles par gramme (µmol/g) de graines sèches.

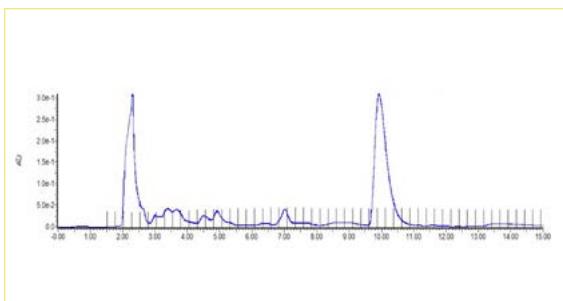


Figure 2 Chromatogramme typique d'un extrait de graines de lin intactes montrant les glycosides cyanogènes détectés aux rayons ultraviolets (UV) à 219 nanomètres; chaque barre verticale représente une des fractions recueillies.

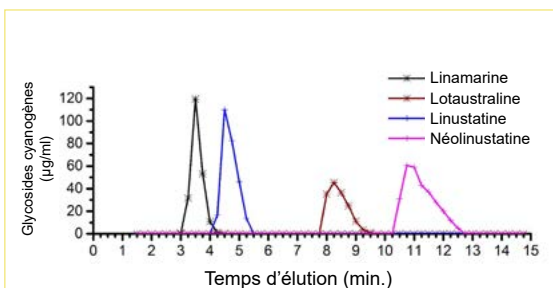


Figure 3 Concentration des glycosides cyanogènes dans un extrait de graines de lin germées en fonction du temps d'élution (min.). Les concentrations sont mesurées en microgrammes par millilitre (µg/ml).

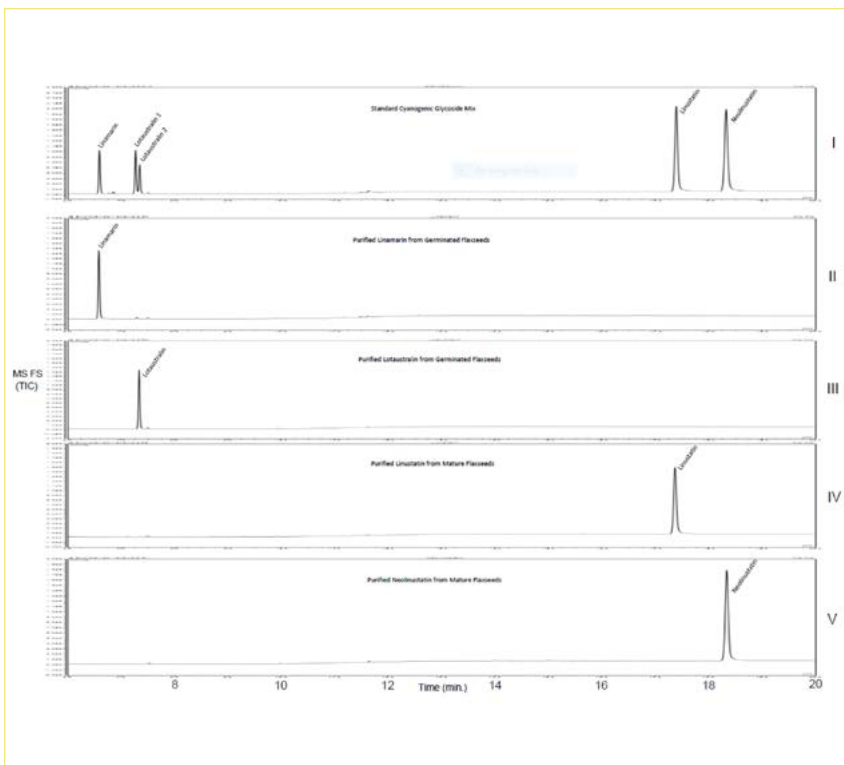


Figure 4 Chromatogrammes typiques d'extraits partiellement purifiés et d'étalons commerciaux

Références

- Bacala, R. et V.J. Barthet. « Development of extraction and gas chromatography analytical methodology for cyanogenic glycosides in flaxseed (*Linum usitatissimum*) ». *J. AOAC Int.*, vol. 90, no 1 (2007), p. 153-161. <https://doi.org/10.1093/jaoac/90.1.153> (en anglais)
- Barthet, V.J. et R. Bacala. « Development of optimized extraction methodology for cyanogenic glycosides from flaxseed (*Linum usitatissimum*) ». *J. AOAC Int.*, vol. 93, no 2 (2010), p. 478-484. <https://doi.org/10.1093/jaoac/93.2.478> (en anglais)
- Barthet, V.J. et T. Fan. « Purification of cyanogenic glycosides from flaxseeds ». Séance de présentation d'affiches au 2018 AOCS Annual Meeting & Expo, Minneapolis (Minnesota), États-Unis, du 6 au 9 mai 2018.
- Fan, T. et V.J. Barthet. « Development of GC/MS methods for the quantification of cyanogenic glycoside in breads with flaxseed ». Séance de présentation d'affiches au Lake Louise XXXI. 31st Workshop on Tandem Mass Spectrometry, Lac Louise (Alberta), Canada, du 29 nov. au 1er déc. 2018.
- V.J. Barthet et T. Fan. « Determination of the cyanogenic glycoside contents of flaxseed breads by GC/MS ». Séance de présentation d'affiches au 16th Euro Fed Lipid Congress and Expo, Belfast, Royaume-Uni, du 16 au 19 septembre 2016.



Recherche sur les légumineuses

Ning Wang, Ph. D.

ning.wang@grainscanada.gc.ca

Nouvelles méthodes pour l'évaluation des propriétés fonctionnelles des légumineuses

Dans le cadre du programme de Recherche sur les légumineuses, nous étudions les propriétés physiques et chimiques des légumineuses pour mieux comprendre les incidences des facteurs de classement, des méthodes de transformation, des conditions environnementales et de la génétique sur leur qualité et leur fonctionnalité à l'utilisation finale. Nous mettons au point et évaluons de nouvelles méthodes de quantification des caractéristiques fonctionnelles des légumineuses. Pour soutenir la commercialisation des légumineuses canadiennes, nous effectuons des analyses de la qualité des échantillons de légumineuses et de soja alimentaire qui nous sont soumis chaque année dans le cadre du Programme d'échantillons de récolte et nous participons à la surveillance de la qualité des cargaisons.

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme

Ning Wang, Ph. D.

Chimiste

Dora Fenn

Techniciennes

Lisa Maximiuk

Monica Cabral

Propriétés moussantes des légumineuses

Pour les besoins d'applications alimentaires, on peut produire de la mousse en emprisonnant des bulles d'air dans un liquide à l'aide d'une énergie mécanique, généralement au moyen d'un batteur ou d'un mélangeur. Il est possible d'utiliser des ingrédients protéiques d'origine végétale qui ont des propriétés moussantes pour produire des aliments préparés comme des mousses, des pâtisseries et des desserts fouettés. La capacité moussante (FC) est une mesure de l'augmentation de volume obtenue par battage tandis que la stabilité de la mousse (FS) est une mesure du changement de volume d'une

mousse durant un temps défini. Bien que la FC et la FS soient deux propriétés importantes qui ont des incidences sur la performance d'un ingrédient alimentaire se présentant sous forme mousseuse, il n'existe actuellement aucune procédure largement acceptée pour les mesurer.

Nous avons étudié une variété d'ingrédients de légumineuses afin de mettre au point une méthode standard pour quantifier la FC et la FS dans des conditions optimales. Nous avons homogénéisé des échantillons de chaque ingrédient de légumineuses dans de l'eau distillée, puis les avons battus à différentes vitesses pendant différentes durées (figures 1 et 2). Nous avons mesuré le volume de mousse à l'aide d'un cylindre gradué et calculé les

valeurs FC et FS en pourcentage selon la méthode suivante :

FC (%) = (volume de mousse à 1 minute / volume de liquide avant le battage) x 100

FS (%) = (volume de mousse à 60 minutes / volume de mousse à 1 minute) x 100

En mesurant les effets de la vitesse du battage et du temps de battage sur la FC et la FS, nous avons pu établir les conditions optimales pour produire de la mousse. Cette méthode est simple, se reproduit très bien en laboratoire et est applicable à divers ingrédients de légumineuses.

Détermination de la dureté des graines de légumineuses

La dureté des graines est un facteur important qui a des incidences sur les propriétés physicochimiques et fonctionnelles des farines de légumineuses produites par mouture. Les méthodes de détermination de la dureté des graines qui sont publiées actuellement s'appliquent surtout au blé, et il est difficile de trouver des procédures pour la détermination de la dureté des graines de légumineuses. Nous avons mis au point une méthode pour mesurer la dureté des graines au moyen d'un analyseur de texture auquel est attachée une plaque de compression ronde (figure 3). Il suffit de déposer une seule graine de légumineuse sur une plateforme et de placer son hile (cicatrice de la graine) parallèlement à la plaque de compression, puis de le comprimer à

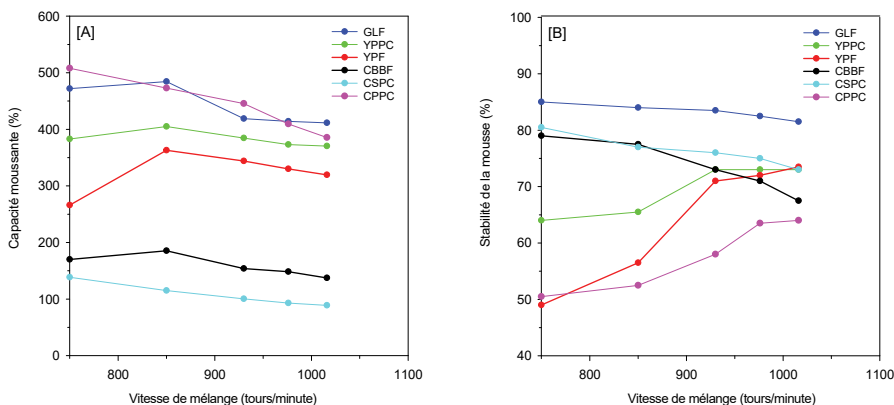


Figure 1 Effets de la vitesse de mélange sur la capacité moussante (à gauche) et la stabilité de la mousse (à droite). GLF = farine de lentilles vertes; YPF = farine de pois jaunes; CBBF = farine de haricots canneberge; YPPC = isolat de protéines de pois jaunes; CPPC = isolat de protéines de pois commerciales; CSPC = isolat de protéines de soja commerciales.

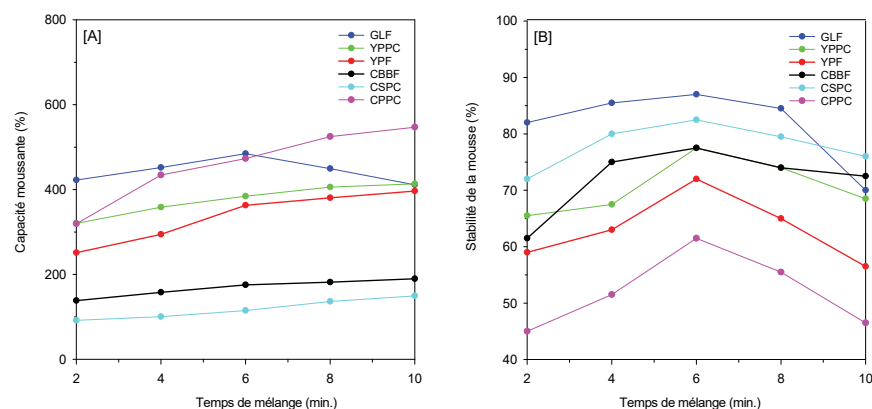


Figure 2 Effets du temps de mélange sur la capacité moussante (à gauche) et la stabilité de la mousse (à droite). GLF = farine de lentilles vertes; YPF = farine de pois jaunes; CBBF = farine de haricots canneberge; YPPC = isolat de protéines de pois jaunes; CPPC = isolat de protéines de pois commerciales; CSPC = isolat de protéines de soja commerciales.

une vitesse et à un degré de déformation qui sont fixes. La dureté des graines est exprimée en quantité de travail nécessaire pour comprimer les graines et elle est déterminée en multipliant la force nécessaire (en Newtons) par la distance de compression (en mètres)

(figure 4). Nous avons constaté que cette méthode était objective et qu'elle pouvait être appliquée avec succès à diverses légumineuses.

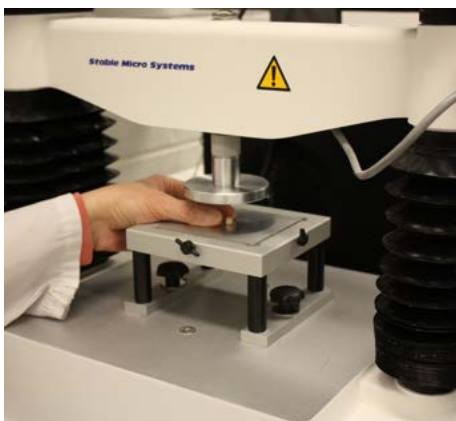


Figure 3 Analyseur de texture utilisé pour déterminer la dureté des légumineuses.

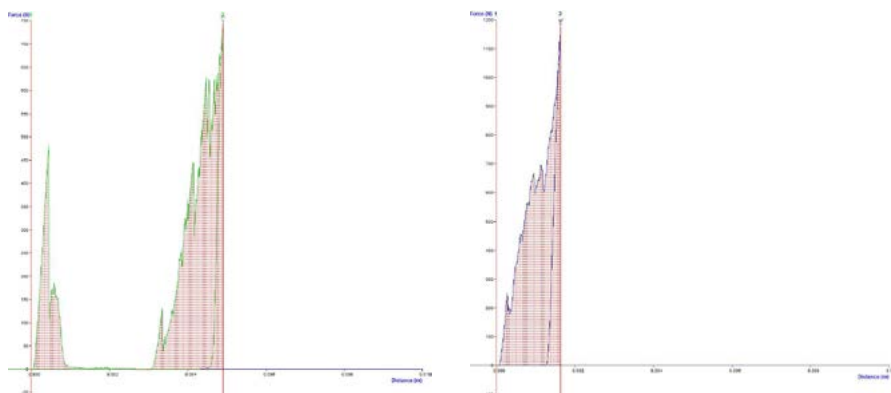


Figure 4 Courbes de compression typiques des pois jaunes (A) et des lentilles vertes (B).

Autres projets de recherche

- En collaboration avec Pulse Canada, nous sommes en train de constituer une base de données sur les ingrédients protéiques de légumineuses qui sont obtenus par broyage humide et par broyage à sec selon des méthodes analytiques publiées ou standards. Cela permettra d'obtenir des résultats cohérents sur la composition et la fonctionnalité des ingrédients de légumineuses.
- Nous étudions les effets de la variété de fèves, ainsi que du lieu et de l'année de leur production sur la composition chimique et les fonctionnalités de ces légumineuses. Les résultats de cette étude permettront d'accroître l'utilisation d'ingrédients de légumineuses et les débouchés pour les fèves canadiennes.
- En collaboration avec les Services à l'industrie de la Commission canadienne des grains, nous avons étudié les incidences des graines ridées sur la qualité de décorticage des lentilles rouges. Nos résultats ont aidé les Services à l'industrie à confirmer les seuils de tolérance des graines ridées comme facteur de classement des lentilles rouges.

Publications récentes

Guldiken, B., D. Konieczny, A. Franczyk, V. Satiro, M. Pickard, N. Wang, J.D. House, et M.T. Nickerson. « Impacts of infrared heating and tempering on the composition, morphological, functional properties of navy bean and chickpea flours ». *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 248 (2022), p. 767-781. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03918-4> (en anglais)

Guldiken, B., A. Franczyk, L. Boyd, N. Wang, K. Choo, E. Spoiwnyk, J. House, J. Paliwal, et M.T. Nickerson. « Physicochemical, nutritional and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum*) and navy bean (*Phaseolus vulgaris*) flours from different mills ». *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 248 (2022), p. 1847-1858. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04010-1> (en anglais)



Services analytiques

Kerri Pleskach, M. Sc.

kerri.pleskach@grainscanada.gc.ca

Comparaison et validation des méthodes de mesure de la teneur en protéines du blé

L'équipe des Services analytiques effectue chaque année de nombreux types d'analyses pour des milliers de clients. Nous supervisons et maintenons également le Programme d'échantillons de récolte, qui joue un rôle clé en aidant la Commission canadienne des grains à assumer ses responsabilités à l'égard du secteur des grains. En testant les échantillons de grain soumis au programme, nous obtenons une indication de la qualité des nouvelles récoltes et pouvons relever les problèmes qui pourraient préoccuper les producteurs, les négociants en grains et les clients. Le programme a débuté en 1927 par une enquête sur la teneur en protéines du blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) et a pris de l'ampleur au fil du temps jusqu'à accepter et analyser les 21 grains réglementés par la Commission canadienne des grains. Nous avons reçu 10 238 échantillons pour la campagne agricole 2022, qui marquait le 95^e anniversaire du Programme d'échantillons de récolte.

Membres de l'équipe

Chimiste et gestionnaire de programme

Kerri Pleskach

Teneur en eau et enzymes

Conseillère en chimie Abi Olubodun

Superviseure, teneur en eau 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 Janice Bamforth

Techniciennes

Pam Lavalée, Courtney Freeth

Techniciens du Programme d'échantillons de récolte

Amiel Satingin, Brittani Harrison,
Carlie Lau, Conor Nedelec, Crystal Strelczik,
Faith Geronimo, Garrett Bourque, Genesis
Esguerra, Joshua Crellin, Julia Cann,
Krystin Polden, Susan Fatla, Tyler Traeger,
Victoria Moreau

Comparaison des méthodes de dosage des protéines

La teneur en protéines reste un facteur de qualité important pour les producteurs et les exportateurs, car elle influe à la fois sur la fonctionnalité et la qualité marchande des grains. Nous calculons la teneur en protéines des grains en mesurant la quantité d'azote dans un échantillon et en la multipliant par un facteur de conversion de l'azote en protéines. La méthode de référence pour déterminer la teneur en protéines du blé à la Commission canadienne des grains était la méthode de Kjeldahl jusqu'à ce que la méthode de dosage de l'azote par

combustion (CNA, pour « combustion nitrogen analysis ») soit mise en œuvre dans les années 1990. Comparée à la méthode de Kjeldahl, la méthode CNA est plus précise, prend moins de temps, n'utilise pas de produits chimiques corrosifs et est plus couramment utilisée dans les laboratoires du monde entier. La méthode de Kjeldahl et la méthode CNA nécessitent toutes deux des échantillons qui ont été broyés. En 1992, les instruments de transmission dans le proche infrarouge (NIT, pour « near-infrared transmittance ») ont été introduits à la Commission canadienne des grains pour l'analyse des protéines des grains entiers. Ces instruments sont étalonnés

en fonction des résultats de la CNA, ce qui nous permet de prédire la teneur en protéines à partir des données de NIT en utilisant la relation mathématique entre les résultats de la NIT et de la CNA.

Avant que la CNA ne devienne la nouvelle méthode de référence pour le dosage des protéines du blé à la Commission canadienne des grains, une étude a été menée pour comparer les résultats de la méthode de Kjeldahl et de la CNA. L'étude a montré que la CNA était plus efficace pour récupérer l'azote que la méthode de Kjeldahl et que les valeurs obtenues avec la CNA concernant les protéines étaient supérieures de 0,15 % à 0,25 %. La Commission canadienne des grains a utilisé ces résultats pour calculer la teneur en protéines du blé dans les années qui ont suivi l'étude. En 2022, nous avons réalisé une nouvelle étude pour vérifier l'exactitude de nos calculs de la teneur en protéines pour chaque méthode d'analyse.

Validation des calculs de la teneur en protéines

Nous avons analysé 19 échantillons de blé CWRS dont la teneur en protéines était comprise entre 11 % et 15,5 % en utilisant la CNA (méthode internationale 46-30.0 de l'AACC), l'analyse de Kjeldahl (méthode 2001.11 de l'AOAC) et la spectroscopie NIT (Foss Infratec^{MC} 2019). Les échantillons de grains entiers de blé ont été divisés en portions égales à l'aide d'un diviseur Boerner. Les échantillons ont d'abord été analysés par NIT, puis

broyés à l'aide d'un moulin de laboratoire Perten 3100. Les échantillons broyés ont ensuite été redécoupés en portions d'essai à l'aide d'un diviseur rotatif, et les échantillons répétés ont été évalués à l'aide de la CNA et de la méthode de Kjeldahl. Nous avons répété notre analyse trois jours différents.

Nous avons constaté que les résultats de la méthode de Kjeldahl et de la CNA étaient similaires pour toute la gamme de teneurs en protéines (figure 1). Grâce à notre analyse statistique des données, nous pouvons calculer la teneur en

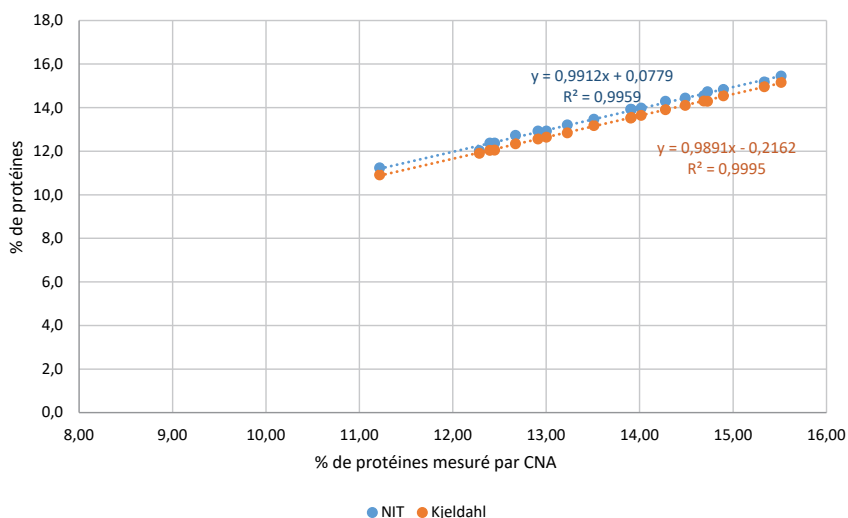


Figure 1 Diagramme de dispersion montrant la relation entre la teneur en protéines mesurée à l'aide de la CNA et celle obtenue par la méthode de Kjeldahl et la NIT.

protéines obtenue par la méthode de Kjeldahl à partir des résultats de la CNA en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Protéines [Kjeldahl]} = (0,9891 \times \text{protéines [CNA]}) - 0,2162$$

Notre analyse statistique a également montré qu'il y avait une bonne concordance entre les résultats obtenus

par la NIT et la CNA (figure 1).

Les résultats de notre étude confirment que nos calculs de la teneur en protéines du blé fondés sur la CNA et la méthode de Kjeldahl sont exacts. En outre, nos résultats obtenus par NIT indiquent que le contrôle et le maintien de l'étalonnage de nos instruments NIT

étaient valables et ont permis un calcul exact de la teneur en protéines. Chaque année, nous vérifierons à nouveau que les calculs utilisés pour déterminer la teneur en protéines sont exacts pour chaque méthode d'analyse utilisée à la Commission canadienne des grains.

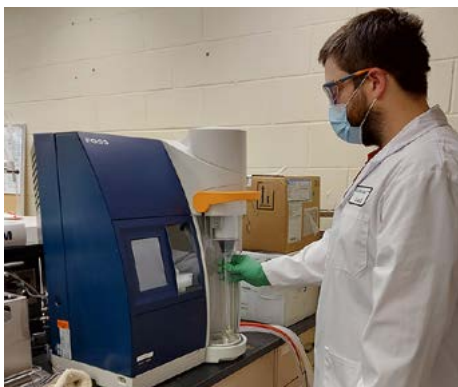


Figure 2 Mesure de la teneur en protéines à l'aide de la méthode de Kjeldahl.



Figure 3 Équipement utilisé pour le dosage de l'azote par combustion (CNA).



Figure 4 Instruments de transmission dans le proche infrarouge (NIT) utilisés pour prédire la teneur en protéines.

Références

FOWLER, D.B., W.E. GEDDES, A.M. JOHNSTON, et K.R. PRESTON. « Protein testing methods », c1998, in P.P. Williams, D. Sobering et J. Antoniszyn, éditeurs, *Wheat protein production and marketing*, actes du Wheat Protein Symposium, Saskatoon (Sask.), 9 et 10 mars 1998, University Extension Press, Université de la Saskatchewan, p. 37-47.

AACC *Approved Methods of Analysis*, 11e éd. Méthode 46-30.01 : « Crude Protein – Combustion Method », approuvée le 3 novembre 1999, Cereals & Grains Association, St. Paul (Minnesota), États Unis. <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIIntMethod-46-30.01> (en anglais)

Official Methods of Analysis of AOAC International (2012), 19e éd. Méthode officielle 20001.11 2005 : « Protein (crude) in animal, feed, forage (plant tissue), grain and oilseeds », AOAC International, Gaithersburg (Maryland), États-Unis. <https://img.21food.cn/img/biaozhun/20100108/177/11285182.pdf> (en anglais)

Manuel Foss InfratecMC 2019. FOSS Analytical A/S, Foxx Allé 1, DK-3400 Hillerød (Danemark). <https://www.fossanalytics.com/products/infratec> (en anglais)



Biotechnologie des grains

Tigest Demeke, Ph. D.

tigst.demeke@grainscanada.gc.ca

Application et mise au point de méthodes fondées sur l'ADN pour le dépistage de matériel végétal génétiquement modifié

L'équipe du programme de Biotechnologie des grains met au point et évalue des méthodes fondées sur l'ADN pour dépister du matériel végétal génétiquement modifié (GM). Au besoin, nous faisons des analyses pour dépister des événements de transformation génétique spécifiques. Nous utilisons également des analyses fondées sur l'ADN pour surveiller la qualité des cargaisons de blé et y détecter la présence de variétés (y compris des variétés non enregistrées) qui ne satisfont pas aux exigences des classes de blé et pour certifier la pureté variétale des échantillons de cargaisons d'orge brassicole qui nous sont soumis.

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme

Tigest Demeke, Ph. D.

Biologiste

Michelle Holigroski

Techniciens

Monika Eng
Danny Saydak
Mathieu Dusabenyagasani

Recherche de matériel végétal génétiquement modifié dans les impuretés

Certains pays importateurs s'inquiètent du risque que des événements de transformation génétique non approuvés ou abandonnés soient présents dans les impuretés des cargaisons de blé et d'orge. Récemment, nous avons mené une étude pour rechercher la présence d'OGM non approuvés dans les impuretés de cargaisons de blé et d'orge. Les impuretés les plus fréquemment retrouvées dans ces cargaisons sont des graines de canola. Nous avons analysé des échantillons de ces impuretés pour dépister différents événements

de transformation génétique du canola en utilisant la réaction en chaîne de la polymérase (PCR) et des plaques préchargées. Les plaques préchargées utilisent des aliquotes d'amorces et de sondes qui sont spécifiques à un événement de transformation particulier. Grâce à cette méthode, nous avons pu détecter onze différents événements de transformation du canola à des concentrations aussi faibles que 0,01 % (tableau 1). Les événements les plus fréquents que nous avons trouvés sont GT73, MS8 et RF3. Comme ce sont des événements de transformation génétique qui ont déjà été approuvés dans les règlements de l'Union européenne et de nombreux autres pays, ils ne posent aucun problème réglementaire.

Nous avons analysé 1 038 échantillons d'impuretés de canola et n'y avons détecté aucun événement OXY235 non autorisé ni aucun événement HCN92, lequel est un organisme génétiquement modifié dont la production a été abandonnée. Nous n'avons trouvé que des traces ($\leq 0,1\%$) d'événements de transformation RF1 (3 échantillons), MS1 (3 échantillons), T45 (2 échantillons) et RF2 (1 échantillon). Ces événements qui avaient été approuvés par l'UE sont abandonnés et retirés progressivement. Dans l'ensemble, le risque que des événements de transformation génétique non approuvés ou abandonnés soient présents dans les impuretés de canola trouvées dans les cargaisons de blé et de blé dur s'avère très faible.

Amélioration de l'efficacité de détection d'événements de transformation génétique

Nous utilisons la PCR numérique en gouttelettes (ddPCR) pour mesurer la quantité absolue d'un événement de transformation génétique dans un échantillon cible sans avoir à faire une comparaison avec un échantillon de référence. L'échantillon cible est divisé en milliers de microcompartiments ou gouttelettes, et chaque gouttelette est analysée pour dépister un événement de transformation génétique spécifique.

La réalisation d'un dosage ddPCR ne détecte généralement qu'un seul événement de transformation. Pour mesurer plusieurs événements de transformation dans un même échantillon, il faut effectuer plusieurs dosages. Nous avons effectué une étude pour voir s'il serait possible de faire une quantification absolue de deux, trois et quatre événements de transformation en même temps au moyen du système de PCR numérique à gouttelettes QX200. Pour utiliser avec succès la ddPCR multiplex, nous avons dû rajuster les concentrations des sondes et les étiquettes dans certains essais. Nous avons dosé séparément quatre événements de transformation en triplicata avec les colorants FAM et HEX pour optimiser les sondes, déterminer l'intensité du signal et définir l'emplacement des grappes de

gouttelettes. Sur la base des résultats obtenus, nous avons déterminé quelles sondes associées aux événements de transformation devaient être étiquetées avec les colorants FAM ou HEX. Puis, nous avons dosé les quatre événements de transformation ensemble afin d'évaluer le modèle et séparer les grappes (figure 1).

Nous avons réussi à faire une quantification absolue des événements de transformation du canola et du soja par dosages ddPCR duplex, triplex et tétraplex à des concentrations de 0,1 %, de 1 % et de 5 %. La ddPCR multiplex nous permettra de détecter et de quantifier plus efficacement les événements de transformation en moins de temps, ce qui réduira ainsi les ressources nécessaires pour exercer une surveillance de la qualité des cargaisons.

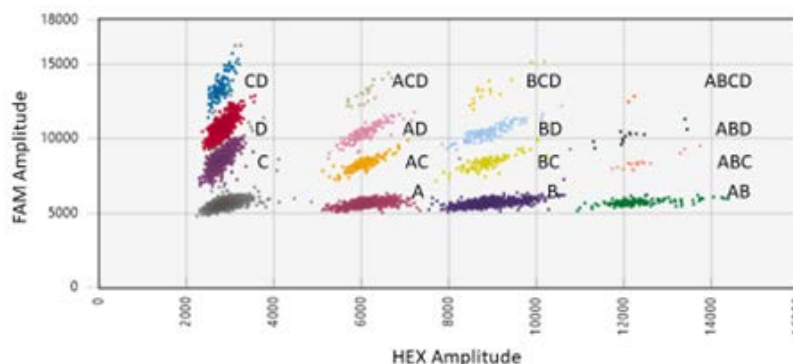


Figure 1 Grappes de gouttelettes générées par ddPCR pour quatre événements de transformation génétique du canola. Les gouttelettes accolées de deux, trois et quatre lettres contiennent plusieurs événements de transformation génétique. La grappe de gouttelettes foncée non accolée de lettre représente des gouttelettes dont les résultats sont négatifs. Événement A = OXY235 (HEX), Événement B = GT73 (HEX), Événement C = HCN92 (FAM) et Événement D = MON88302 (FAM).

Activités de surveillance récentes

Du 1er août 2021 au 31 juillet 2022, nous avons analysé la composition variétale des échantillons suivants :

- 380 échantillons de cargaisons de blé,
- 135 échantillons de cargaisons de blé dur,
- 62 échantillons composites de cargaisons prélevés mensuellement,
- 64 échantillons de blé des essais coopératifs,
- 36 échantillons de blé du Programme d'échantillons de récolte,
- 14 échantillons de cargaisons d'orge qui nous ont été soumis.

De plus, nous avons analysé 419 échantillons de cargaisons de blé pour détecter la présence de l'événement de transformation MON71200. Nous avons commencé à analyser des échantillons de cargaisons de blé en vrac pour dépister cet événement de transformation en mars 2018 et les avons cessés le 1er avril 2022. Nous n'avons trouvé cet événement dans aucun des échantillons analysés. Nous offrons encore cette analyse pour les échantillons soumis, moyennant des frais de service.

Tableau 1 Détection d'événements de transformation génétique du canola à des concentrations de 0,1 %, 0,05 % et 0,01 % au moyen de plaques PCR préchargées.

Événement	Moyenne Ct ¹ 0,1 %	Moyenne Ct 0,05 %	Moyenne Ct 0,01 %
GT73	33,69 + 0,45	34,99 + 0,27	37,01 + 0,63
MS8	34,64 + 0,17	35,31 + 0,34	37,97 + 0,28
RF1	34,49 + 0,29	35,71 + 0,27	37,90 + 0,66
RF2	29,95 + 0,82	32,62 + 0,45	34,27 + 0,86
RF3	32,68 + 0,16	33,95 + 0,24	35,84 + 0,56
MS1	34,72 + 0,50	35,91 + 0,24	37,88 + 0,50
HCN92	34,65 + 0,19	35,75 + 0,22	37,68 + 0,60
T45	33,93 + 0,22	34,99 + 0,23	37,07 + 0,45
OXY235	33,28 + 0,34	34,51 + 0,27	36,66 + 0,36
MON88302	33,83 + 0,16	34,87 + 0,15	37,19 + 0,36
DP73496	34,54 + 0,13	35,85 + 0,08	38,13 + 0,45
CruA ²	23,88 + 0,07	23,66 + 0,48	23,75 + 0,05

¹Ct = valeur de cycle seuil (nombre de cycles à partir duquel la fluorescence générée dans une réaction croise le seuil de fluorescence); moyenne calculée à partir de huit échantillons indépendants.

²CruA = gène de référence.

Publication récente

Demeke, T., S.-J. Lee, et M. Eng. « Increasing the efficiency of canola and soybean GMO detection and quantification using multiplex droplet digital PCR ». *Biology*, vol. 11, no 2 (2022), p. 201. <https://doi.org/10.3390/biology11020201> (en anglais)



Microbiologie et génomique des grains

Sean Walkowiak, Ph. D.

sean.walkowiak@grainscanada.gc.ca

Rôle du profilage de l'ADN dans la surveillance de la qualité des grains

Dans le cadre du programme de Microbiologie et génomique des grains, nous effectuons de la recherche et mettons au point de nouvelles méthodes analytiques dans notre laboratoire de profilage génétique à la fine pointe de la technologie. Nous identifions les bactéries et les champignons qui sont présents dans les grains en examinant leur ADN et nous mettons au point des tests d'ADN pour détecter leur présence dans les échantillons de grain. Nous nous servons également de tests d'ADN pour l'identification des variétés présentes dans les cargaisons de grain. Nous disposons actuellement d'une base de données sur les profils génétiques de plus de 800 variétés. La surveillance des micro-organismes et des variétés de grain permet de garantir l'intégrité et la qualité marchande des grains canadiens et de répondre aux besoins des utilisateurs finaux.

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme

Sean Walkowiak, Ph. D.

Biologistes

Niradha Withana Gamage
Sung-Jong Lee, Ph. D.
Tiffany Chin, Ph. D.

Techniciennes

Janice Bamforth
Tehreem Ashfaq
Maria Eckhardt

Étudiants

Mayantha Shimosh Kurera
Bhaktiben Patel

Étude des communautés microbiennes présentes dans les grains

Les bactéries et les champignons qui composent les communautés microbiennes sur les grains sont très

diversifiés. Certains de ces micro-organismes contribuent à la santé des plantes et des sols, d'autres sont nuisibles, et d'autres encore n'ont pas d'effets connus. Lorsque nous trouvons une bactérie ou un champignon inconnu dans du grain, nous déterminons la composition de son génome par un processus appelé séquençage. L'ADN



Figure 1 Équipement robotisé de séquençage d'ADN à haut débit utilisé pour recueillir des informations sur le génome entier de micro-organismes et de grains cultivés.

du micro-organisme étudié est comparé à celui d'espèces apparentées afin d'en déterminer les différences (figure 1). Nous pouvons ensuite cibler des différences dans l'ADN en utilisant des tests très spécifiques qui nous permettent de distinguer avec précision deux séquences d'ADN. Nous utilisons les résultats de ces tests pour créer le profil génétique propre à une espèce donnée, et ce profil peut être utilisé pour identifier cette espèce dans un échantillon (figure 2).

Nos systèmes robotisés à haut débit nous permettent d'effectuer des tests d'ADN sur des milliers d'échantillons de grain canadien, de manière précise et efficace, chaque année (figure 3). Les données générées par ces tests nous aident à surveiller d'une manière plus précise les organismes pathogènes présents dans le grain. Par exemple, nous avons pu dégager des tendances géographiques et temporelles concernant les espèces fongiques qui causent la fusariose de

l'épi dans les cultures de blé au Canada (figure 4). Cette maladie peut avoir des incidences négatives sur le rendement, la qualité et la salubrité des grains. La compréhension de la manière dont les espèces de *Fusarium* varient entre les régions et dans le temps joue un rôle important pour lutter contre ces agents pathogènes.

Les données génomiques que nous recueillons nous fournissent également des informations détaillées sur la biologie de micro-organisme qui peuvent être utilisées pour évaluer les risques et les avantages concernant la qualité et la salubrité des récoltes. Par exemple, nous pouvons déterminer quelles espèces contiennent les gènes responsables de certaines maladies ou toxines. La compréhension des phytopathogènes sur le plan génomique aide les producteurs, les sélectionneurs, les pathologistes et les agronomes à élaborer des stratégies d'atténuation qui ciblent des espèces et des souches émergentes.

Tests d'ADN effectués sur les variétés de grain

Certaines variétés de grain impossibles à distinguer les unes des autres par des caractères physiques ou des analyses chimiques peuvent tout de même présenter des qualités d'utilisation finale différentes. Les tests d'ADN que nous mettons au point nous permettent d'identifier avec précision toutes les variétés présentes dans les échantillons de grain, y compris les nouvelles variétés créées et lancées sur le marché par les sélectionneurs. Par séquençage du génome des nouvelles variétés de cultures (figure 1), nous pouvons détecter des différences dans leur ADN et se servir de ces informations pour effectuer en même temps des milliers de tests ciblés pour le génotypage de leur ADN (figure 2). Les informations génomiques



Figure 3 Pucés à ADN permettant d'effectuer des milliers de tests ciblés pour le génotypage de l'ADN en une seule fois. Les photos ci-dessus montrent une plaque Takara SmartChip (à gauche) et une plaque OpenArray™ (à droite).

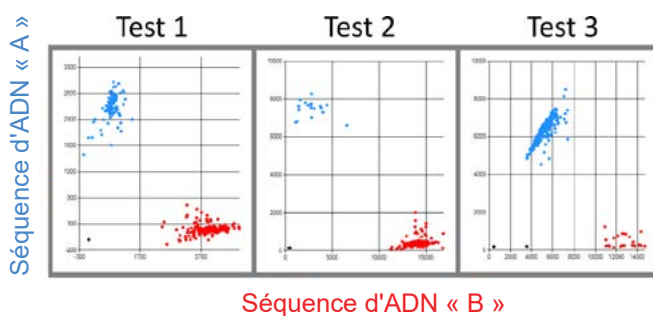


Figure 2 Exemple de données issues de trois différents tests d'ADN qui ciblent une région précise de l'ADN. On peut distinguer les sujets par leurs séquences d'ADN, soit la séquence « A » ou la séquence « B ».

que nous recueillons sont également utilisées pour identifier les gènes responsables de caractères recherchés, ce qui aide les sélectionneurs à créer de nouvelles variétés qui répondront aux besoins changeants des producteurs et des acheteurs de grain canadien.

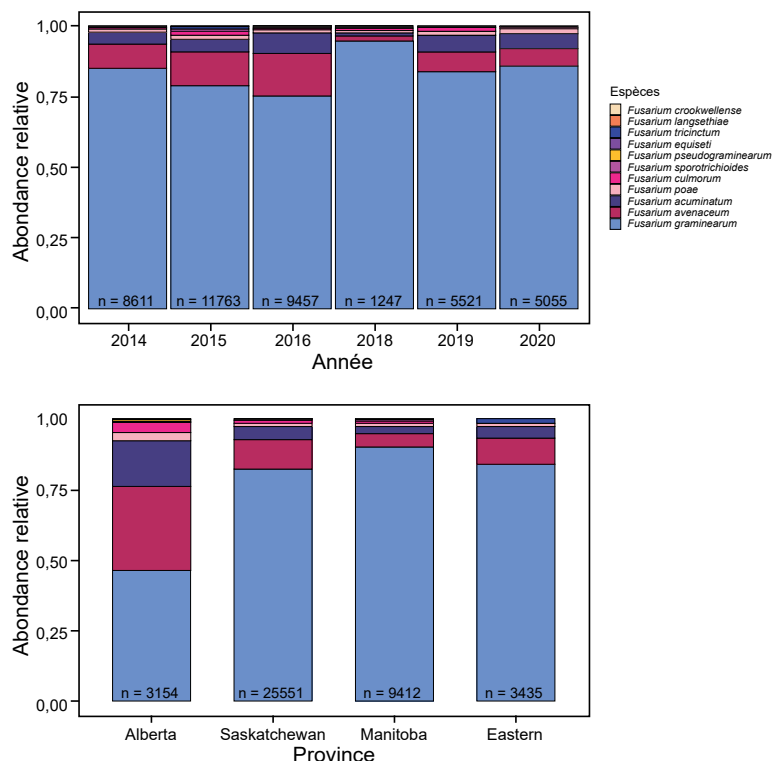


Figure 4 Abondance relative et diversité des espèces de *Fusarium* qui sont présentes dans le blé canadien, par année (en haut) et par province (en bas) (n = nombre d'échantillons).

Publications récentes

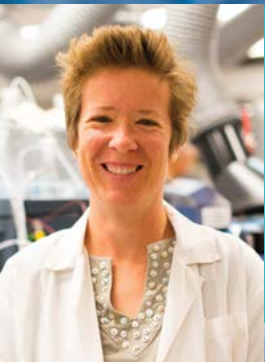
Borrill, P., R. Mago, T. Xu, B. Ford, S.J. Williams, A. Derkx, W.D. Bovill, J. Hyles, D. Bhatt, X. Xia, C. MacMillan, R. White, W. Buss, I. Molnár, S. Walkowiak, et al. « An autoactive NB-LRR gene causes Rht13 dwarfism in wheat ». *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, vol. 119, no 48 (2022), article e2209875119 <https://doi.org/10.1073/pnas.2209875119> (en anglais)

Walkowiak, S., D. Taylor, B.X. Fu, D. Drul, K. Pleskach, et S.A. Tittlemier. « Ergot in Canadian cereals – relevance, occurrence, and current status ». *Can. J. Plant Pathol.*, vol. 44, no 6 (2022), p. 793-805. <https://doi.org/10.1080/07060661.2022.2077451> (en anglais)

Chin, T., K. Pleskach, S.A. Tittlemier, M.A. Henriquez, J. Bamforth, N.W. Gamage, T. Ashfaq, S.-J. Lee, M.S. Kurera, B. Patel, et S. Walkowiak. « A status update on fusarium head blight on Western Canadian wheat ». *Can. J. Plant Pathol.* (2023). <https://doi.org/10.1080/07060661.2023.2177352> (en anglais)

Lee, S.-J., T. Demeke, M. Dusabenyagasani, D. Saydak, D. Perry, et S. Walkowiak. « Evaluation of two high-throughput genotyping systems for rapid identification of Canadian wheat varieties ». *Can. J. Plant Sci.* (2023). <https://doi.org/10.1139/cjps-2022-0192> (en anglais)

Bamforth, J., T. Chin, T. Ashfaq, N.W. Gamage, K. Pleskach, S.A. Tittlemier, M.A. Henriquez, S. Kurera, S.-J. Lee, B. Patel, T. Gräfenhan, et S. Walkowiak. « A survey of *Fusarium* species and ADON genotype on Canadian wheat grain ». *Front. Fungal Bio.*, vol. 3 (2022). <https://doi.org/10.3389/ffunb.2022.1062444> (en anglais)



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

Sheryl Tittlemier, Ph. D.

sheryl.tittlemier@grainscanada.gc.ca

Recherche démontrant une baisse des concentrations de contaminants chimiques dans le blé

Dans le cadre du programme d'Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace, nous concentrons nos efforts de recherche et de surveillance sur les pesticides, les mycotoxines, les biomarqueurs fongiques, et l'analyse des éléments, y compris les métaux lourds. Nous examinons les facteurs à l'origine de la présence de ces substances dans les grains et étudions comment ces dernières se comportent lors de la transformation des grains. Nous cherchons également à améliorer les méthodes d'échantillonnage et d'analyse afin de les rendre plus précises. Les données que nous recueillons permettent aux producteurs, aux associations sectorielles, aux exportateurs, aux partenaires gouvernementaux et aux utilisateurs finaux d'avoir confiance en la salubrité et en la fiabilité des grains canadiens.

Membres de l'équipe

Chercheuse et gestionnaire de programme

Sheryl Tittlemier, Ph. D.

Chimistes

Mei Huang
Hoangkim Luong
Suresh Patel
Anja Richter

Techniciens

Lianna Bestvater
Michael Bestvater
Richard Blagden
Daniel Bockru
Jason Chan
Dainna Drul
Valentina Timofeiev
Michael Tran
Robert Trelka (avant novembre 2022)
Tanya Zirdum

Le retrait du son diminue les résidus de glyphosate dans le blé

Le glyphosate est l'ingrédient actif de certains herbicides utilisés au Canada pour combattre des mauvaises herbes envahissantes. Des résidus de glyphosate ont été trouvés dans certains types de grains et aliments à base de grains, mais dans presque tous les cas, il a été prouvé que leurs concentrations étaient plus faibles que les limites maximales de résidus de glyphosate établies par Santé Canada.

Nous avons étudié le glyphosate dans le blé roux du printemps de l'Ouest canadien (CWRS) afin de déterminer où il s'accumule exactement dans le grain et si la mouture et la panification modifiaient

les concentrations de résidus de glyphosate. Nous avons sélectionné huit échantillons de blé CWRS, contenant différentes concentrations de glyphosate, pour effectuer notre étude. Pour chaque échantillon, nous avons débarrassé les grains de leurs téguments extérieurs par abrasion de sorte à obtenir des grains perlés. Nous avons recueilli les matières enlevées pour les analyser, de même que la partie restante des amandes des grains. Nous avons constaté que 50 % du glyphosate était contenu dans la partie extérieure du grain, soit une portion représentant 16 % du grain, qu'importe quelle était la concentration initiale de glyphosate de l'échantillon.

Nous avons ensuite moulu les échantillons de blé pour en retirer le son et le germe. Nos analyses des fractions

de mouture ont révélé qu'en moyenne 81 % du glyphosate était contenu dans le son, les remoulages (son fin) et les farines basses (germe) (figure 1). La farine restante ne contenait que 19 % du glyphosate, ce qui indique que la mouture peut réduire considérablement l'exposition aux résidus de glyphosate.

La panification n'a pas d'incidences sur les résidus de glyphosate

Nous avons préparé des lots de pâte et de pain en double avec des farines produites à partir d'échantillons de blé CWRS qui avaient les concentrations de glyphosate les plus élevées. Nous avons analysé la pâte, la pâte fermentée, la croûte et la mie du pain cuit (figure 2) pour doser leur teneur en glyphosate. La farine et le pain fini ne présentaient pas de différence au niveau des concentrations de glyphosate, ce qui démontre que la panification n'a pas d'incidences sur la teneur en résidus de glyphosate. Ceci confirme que la

mouture est une meilleure option pour réduire les risques d'exposition aux résidus de glyphosate.

Diminution de l'accumulation de cadmium dans le blé dur canadien

Le cadmium est un métal lourd qui est présent naturellement dans le sol et qui peut également être apporté par des activités humaines. Il peut entrer dans la chaîne alimentaire s'il est absorbé et stocké dans des plantes comestibles. Certaines céréales accumulent le cadmium à des concentrations plus élevées que d'autres, dont nombre de variétés de blé dur cultivées en Amérique du Nord. Étant donné qu'une exposition chronique au cadmium peut avoir des effets négatifs sur la santé humaine, un programme de sélection du blé dur a été mis en place dans les années 1990 pour mettre au point des variétés qui

accumulent moins de cadmium tout en conservant les caractéristiques de qualité intéressantes. Depuis 2004, tous les nouveaux cultivars de blé dur doivent présenter une faible accumulation de cadmium pour être enregistrés au Canada.

Nous surveillons les concentrations de cadmium dans les exportations de blé dur depuis le début des années 1990. Dans le cadre du programme de Surveillance de la qualité des cargaisons, les inspecteurs de la Commission canadienne des grains sélectionnent et échantillonnent systématiquement des livraisons aux silos terminaux à l'aide d'échantillonneurs automatisés approuvés et conformément à des procédures normalisées (figure 3). Depuis 1992, 2 239 échantillons d'exportations de blé dur ambré de l'Ouest canadien (CWAD) et 1 546 échantillons d'exportations de blé CWRS ont fait l'objet d'un dosage du cadmium.

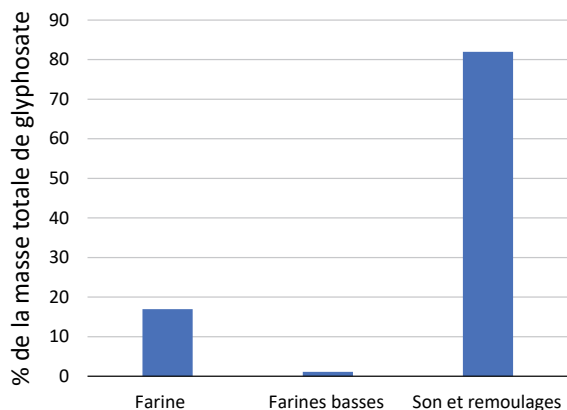


Figure 1 Proportions des résidus de glyphosate (%) trouvés dans les fractions de mouture du blé roux de printemps de l'Ouest canadien.



Figure 2 Pain entier (à gauche) et pain dont la croûte et la mie ont été séparées pour le dosage du glyphosate (à droite).

Les concentrations de cadmium dans les exportations de blé CWAD en vrac, mesurées en milligrammes par kilogramme (mg/kg), ont commencé à diminuer au milieu des années 2000. Les concentrations de cadmium les plus élevées que nous ayons trouvées dans des exportations de blé CWAD (0,16 mg/kg) se trouvaient dans les expéditions de 2003-2004. Dans les expéditions de 2019-2020, nous avons mesuré des concentrations de 0,07 mg/kg, ce qui représente une baisse de plus de 56 % (figure 4). Nous avons également dosé le

cadmium dans le blé CWRS pendant la même période et n'avons pas constaté de baisse semblable des concentrations. Ce résultat est important, car il démontre que la réduction des concentrations de cadmium observée dans le blé CWAD n'est pas liée à des changements apportés aux procédures d'analyse ou à l'utilisation de différents instruments.

La baisse des concentrations de cadmium observées dans les exportations de blé dur témoigne de la diminution de l'utilisation de variétés de

blé qui accumulent des concentrations élevées de cadmium. En 2019, les variétés de blé à faible accumulation de cadmium représentaient 98 % des superficies de blé CWAD assurées. La baisse des concentrations de cadmium dans le blé dur au cours des trois dernières décennies illustre le succès qu'ont eu les programmes d'amélioration des blés canadiens, les exigences d'enregistrement des variétés et l'adoption de variétés de blé à faible accumulation de cadmium par les producteurs.

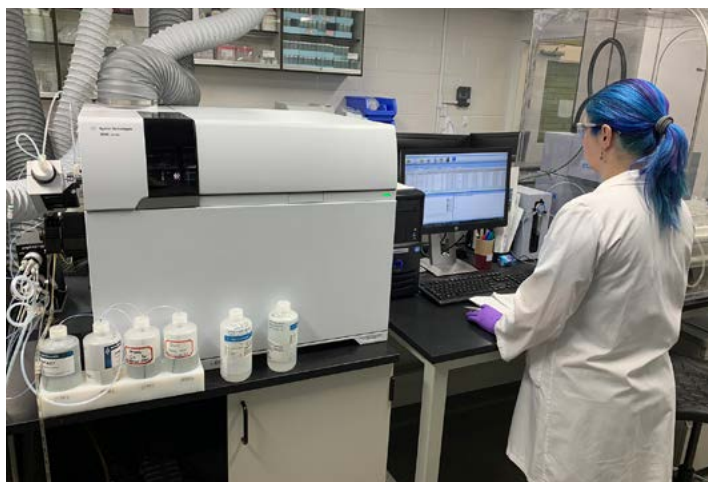


Figure 3 Analyse d'échantillons de blé CWAD pour détecter la présence de cadmium à l'aide de la spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif.

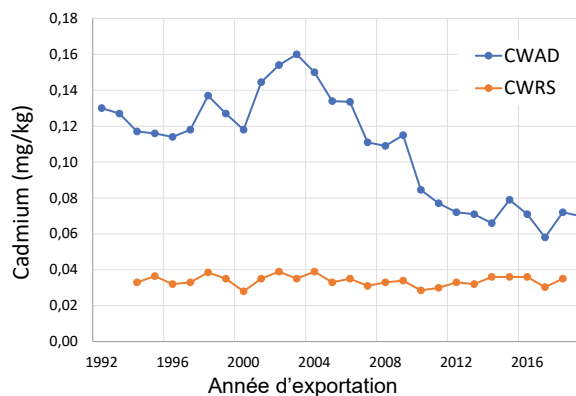


Figure 4 Concentrations de cadmium, mesurées en milligrammes par kilogramme, dans les exportations de blé dur ambré de l'Ouest canadien (en bleu) et de blé roux de printemps de l'Ouest canadien (en rouge).

Publications récentes

Tittlemier, S.A. et A. Richter. « Cadmium concentrations in Canadian durum exports decreased with the adoption of low accumulating cultivars ». *Food Addit. Contam: Part A*, vol. 39, no 12 (2022), p. 1953-1962. <https://doi.org/10.1080/19440049.2022.2130441> (en anglais)

Walkowiak, S., D. Taylor, B.X. Fu, D. Drul, K. Pleskach, et S.A. Tittlemier. « Ergot in Canadian cereals – relevance, occurrence, and current status ». *Can. J. Plant Pathol.*, vol. 44, no 6 (2022), p. 793-805. <https://doi.org/10.1080/07060661.2022.2077451> (en anglais)

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 Chem.*, 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 J.*, vol. 13, no 1 (2020), p. 45-56. <https://doi.org/10.3920/WMJ2019.2530> (en anglais)