



ISSN 2371-0438



LABORATOIRE DE RECHERCHES SUR LES GRAINS

Rapport annuel sur les programmes

2020



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
- 20** Enzymes du blé
- 22** Services analytiques

Programmes de recherche sur les technologies

- 24** Recherche sur la biotechnologie des grains
- 26** Microbiologie
- 28** Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace
- 30** Recherche et surveillance en matière d'identification des variétés

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, 2020



Message de la directrice

Esther Salvano, Ph. D.

Directrice générale

Laboratoire de recherches sur les grains

esther.salvano@grainscanada.gc.ca

C'est avec plaisir que je vous présente le Rapport annuel sur les programmes du Laboratoire de recherches sur les grains 2020. Il met en lumière certaines des activités de recherche et développement menées dans le cadre de nos neuf programmes scientifiques.

L'année 2020 a été une année exceptionnelle et difficile à bien des égards, notamment sur les plans professionnel, sociétal et personnel. En raison de la pandémie de COVID-19, nous avons transformé notre milieu de travail et le déroulement de notre travail afin de respecter les nouvelles mesures de sécurité. Au début, nous ne pouvions offrir que les services essentiels, mais nous avons rapidement été en mesure d'élargir notre travail en laboratoire afin de réaliser les analyses liées aux demandes de services, la surveillance des cargaisons, le Programme d'échantillons de récolte et l'évaluation des lignées des sélectionneurs. En outre, nous nous sommes adaptés à la situation en travaillant à distance (ce qui comprend l'utilisation à distance d'instruments de laboratoire) et en participant à des séances de formation et à des conférences virtuelles. Je suis fière du dévouement et de l'engagement de nos employés qui ont trouvé un moyen de continuer à travailler durant la pandémie de COVID-19.

Malgré de nombreuses difficultés, nous avons connu une année très productive. Parmi nos réalisations les plus remarquables, je me dois de souligner l'exécution du Programme d'échantillons de récolte et l'évaluation des lignées des sélectionneurs, rendues possibles grâce au soutien de plus de 50 employés provenant de différentes divisions de la Commission canadienne des grains.

Des tempêtes hivernales hâtives survenues en 2019 ont mené à des travaux de recherche sur la germination sur pied du blé et sur la qualité du canola laissé au champ durant l'hiver. Nous avons par ailleurs continué de renforcer la qualité marchande des grains canadiens en élaborant de nouveaux moyens d'augmenter la valeur de l'orge et des ingrédients à base de légumineuses. Une vaste gamme de projets ont été entrepris en vue d'assurer la qualité et la salubrité des grains canadiens. Parmi ceux-ci figurent la première étude pluriannuelle sur les mycotoxines dans l'avoine canadienne, des examens du rôle des protéines dans la qualité des grains, l'évaluation de méthodes de détection d'OGM, le recours à la génomique pour identifier les microbes dans les grains, et la mise à jour continue des profils d'ADN de référence du blé.

En 2020, d'importants investissements ont été consentis dans le Laboratoire de recherches sur les grains du futur. Ainsi, nous avons pu nous doter de nouvelles technologies favorisant l'innovation, l'automatisation et l'accès à distance, et solidifier notre rôle en tant que principal fournisseur de données scientifiques sur la qualité et la salubrité des grains canadiens. Il convient de souligner le départ à la retraite de Twylla McKendry, qui occupait le poste de gestionnaire des Services analytiques, en octobre. Je tiens à reconnaître ses 30 ans de travail assidu et à souhaiter la bienvenue à Kerri Pleskach à titre de nouvelle gestionnaire.

Le travail de nos scientifiques et de notre personnel se poursuivra tout au long de l'année 2021. Nous continuerons de nous adapter et de trouver des façons nouvelles et novatrices de promouvoir nos travaux de recherche, pour votre profit et celui de tous les membres du secteur canadien des grains. Je vous remercie de prendre le temps de lire le présent rapport et je vous invite à nous faire part de vos commentaires et réflexions. Au plaisir de les recevoir!

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
- Enzymes du blé



Programmes de recherche sur les technologies

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



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

Surveillance de la qualité des cargaisons

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



Programme d'échantillons de récolte

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



Demandes de services d'analyse

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



Évaluation des lignées des sélectionneurs

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



Laboratoire de recherches sur les grains

Statistiques et faits

Programme d'échantillons de récolte

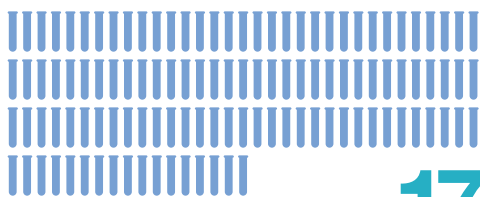
Nous publions des rapports annuels sur les cultures et les récoltes. Nous publions aussi un rapport d'enquête annuel sur la fusariose à partir des échantillons soumis dans le cadre du Programme d'échantillons de récolte.

Le Programme d'échantillons de récolte a reçu

13 783 échantillons
de la campagne agricole 2019-2020.



Nous avons analysé 3525
échantillons de cargaisons.



Nous utilisons actuellement
méthodes d'essai
différentes.

179



Nos chercheurs
ont publié

36 articles
scientifiques.

Nous avons



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

11 815

Nous avons fait

1104 essais en
réponse à des
demandes de services
de clients externes,



ce qui a nécessité la mouture de

107 échantillons.

Les demandes les
plus fréquentes visaient
l'identification et la quantification
d'agents pathogènes, l'alvéographie
et les teneurs en protéines
et en acides gras libres.

Nos chercheurs
ont présenté **24**
exposés scientifiques.



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

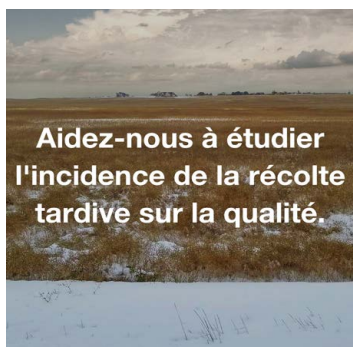
- pois
- lentilles
- blé
- blé dur
- orge
- avoine
- sarrasin
- pois chiches
- haricots
- graine de moutarde
- lin
- seigle
- soja
- canola/colza

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 promouvoir ses programmes et son personnel. Les plateformes nous permettent d'informer les producteurs et autres membres du secteur des grains et de leur répondre rapidement. Nous pouvons demander aux producteurs de nous fournir des échantillons de récolte à utiliser dans nos travaux de recherche et les tenir au courant de changements touchant les services, comme des retards ou des échéances révisées.

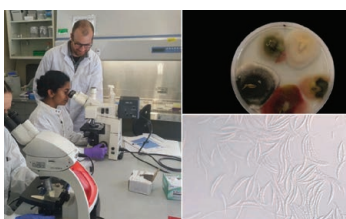


Mise en commun de l'expertise

Pendant la Semaine de la culture scientifique 2020, des employés du Laboratoire de recherches sur les grains ont pris part à deux prises de contrôle du compte Twitter. Carly Isaak et Sean Walkowiak (Ph. D.) ont donné l'occasion aux producteurs et autres abonnés du compte de la Commission canadienne des grains de découvrir les coulisses du Laboratoire de recherches sur les grains.

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.



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 constations les plus récentes au secteur des grains 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.



Les manutentionnaires et transformateurs de grain s'inquiétaient de la teneur en eau du canola laissé au champ durant l'hiver. Nous avons été en mesure de confirmer que certains échantillons de ce canola pouvaient être transformés et produire une huile de bonne qualité, à condition que la transformation se fasse dans les plus brefs délais.

Mme Véronique Barthelet, Ph. D.,
gestionnaire de programme,
Laboratoire de recherches sur les grains



Il est important de nous doter d'un moyen efficace de déterminer les concentrations de mycotoxines et d'être en mesure de les éliminer de l'avoine entière pour veiller à ce qu'elle demeure salubre.

Sheryl Tittlemier Ph. D., gestionnaire de
programme, 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 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

Étude de l'incidence de la germination sur pied sur le rendement du blé panifiable et du blé dur

Dans l'Ouest canadien, la récolte dans des conditions humides en 2019 a fait des grains germés un important facteur de classement pour deux classes de blé de qualité supérieure, soit le blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) et le blé dur ambré de l'Ouest canadien (CWAD). Pour étudier les effets de la germination sur pied sur la performance du blé panifiable et du blé dur, le programme de Recherche sur le blé panifiable et le blé dur a adopté une nouvelle approche cette année, et a examiné la relation entre l'indice de chute et les propriétés fonctionnelles des blés CWRS et CWAD.

Mesure de la fonctionnalité du blé germé au champ

La majeure partie des connaissances sur les effets de la germination sur la qualité du blé ont été acquises par des études en laboratoire au cours desquelles on a trempé des grains dans des conditions contrôlées. Les changements structuraux et biochimiques peuvent considérablement différer entre les grains de blé ayant germé sur pied au champ et ceux qui ont subi un trempage en laboratoire. Nous ne pouvons utiliser les grains ayant germé en laboratoire comme substituts des grains ayant germé au champ lorsqu'il est question d'évaluer les effets de la germination sur la fonctionnalité du blé.

Nous avons regroupé des échantillons de récolte fournis par des producteurs en fonction de leur indice de chute pour constituer des échantillons composites. Les échantillons composites présentaient un indice de chute situé entre 60 secondes et 350 secondes et ont été divisés par incréments de 50 secondes. Une analyse exhaustive des propriétés qualitatives et physicochimiques a été menée pour chaque échantillon composite (tableau 1).

Principaux résultats

Le blé est généralement considéré comme sain lorsque l'indice de chute est supérieur à 300 secondes. Nos recherches indiquent que le blé CWRS ayant des valeurs d'indice de chute aussi faibles que 200 à 250 secondes présentait des qualités raisonnables en ce qui a trait à la performance de mouture, à la manipulation de la pâte et aux caractéristiques boulangères. Le blé CWAD donnait une mouture et une semoule et des pâtes raisonnablement bonnes lorsque les indices de chute étaient aussi faibles que 100 à 150 secondes. Les blés CWRS et CWAD réagissent très différemment à la perte de qualité résultant de la germination sur pied.



Poids spécifique et rendement à la mouture

Nous avons constaté que le poids spécifique et le rendement en farine des échantillons composites de blé CWRS diminuaient graduellement à mesure que l'indice de chute s'abaissait jusqu'à juste au-dessus de 200 secondes. Lorsque l'indice de chute était inférieur à 200 secondes, la valeur de ces propriétés chutait considérablement. Dans le cas des échantillons composites de blé CWAD, une diminution de l'indice de 450 secondes à 70 secondes n'a pas considérablement modifié les propriétés qualitatives, en particulier le rendement à la mouture (figure 1).

Teneur en maltose

L'endosperme du blé dur, ainsi que l'amidon et les protéines du gluten qu'il contient, semblent être beaucoup moins endommagés durant la germination sur pied que dans le cas du blé panifiable. À preuve, les teneurs en maltose, un glucide produit par l'action de l'alpha-amylase sur l'amidon. La teneur en maltose de l'échantillon composite de blé CWAD ayant l'indice de chute le plus faible était semblable à celle du blé CWRS sain. Cette observation s'explique probablement par le fait que le blé dur a des grains plus durs et plus denses que le blé panifiable.

Propriétés de la pâte et protéines du gluten

La détérioration des propriétés de la pâte était très évidente dans le cas du blé CWRS ayant un indice de chute inférieur à 150 secondes; nous avons constaté une baisse considérable de la stabilité durant le mélange de la pâte et de l'élasticité au cours de l'étirement (tableau 2). La pâte était aussi difficile à manipuler, car elle était très collante. À l'opposé, nous n'avons noté presque aucun changement dans la force du gluten et dans la viscoélasticité de la pâte de semoule fabriquée à partir d'échantillons composites de blé CWAD ayant un indice de chute variant de 450 à 79 secondes.

Nous n'avons observé aucun changement significatif dans la proportion de gluténine insoluble, partie de la protéine du gluten de blé responsable de la force et de l'élasticité de la pâte, pour une vaste gamme d'indices de chute dans le cas des échantillons composites de blé CWRS et de blé CWAD. Ce résultat indique que les protéines du gluten n'ont pas été endommagées dans le grain et que les changements observés dans les propriétés de la pâte étaient probablement causés pour la plupart par une activation des enzymes lorsque la farine est mélangée avec l'eau.

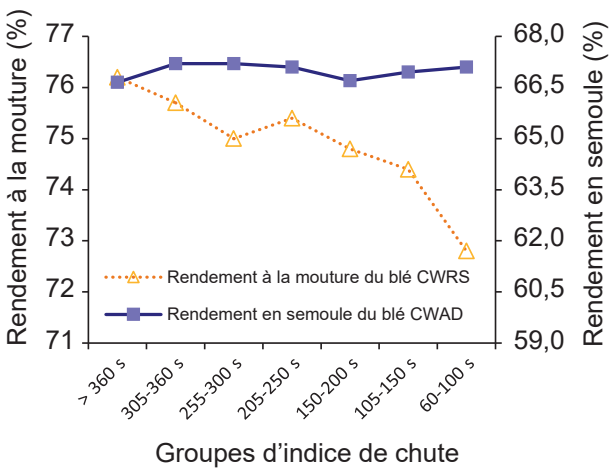


Figure 1 Rendements à la mouture obtenus pour les échantillons composites de blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) et de blé dur ambré de l'Ouest canadien (CWAD) groupés en fonction de l'indice de chute (en secondes).

Tableau 1 Propriétés qualitatives et physicochimiques examinées dans les échantillons composites de blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) et de blé dur ambré de l'Ouest canadien (CWAD).

	CWRS	CWAD
Propriétés du blé	poids spécifique, poids de mille grains, teneur en cendres, indice de chute	
Analyse biochimique	activité de l'alpha-amylase, teneur en maltose, composition des protéines du gluten, répartition de la solubilité des protéines fonctionnelles	
Qualité meunière	rendement en farine, cendres, dégradation de l'amidon	rendement en semoule et rendement total, cendres, compte de piqûres
Propriétés de la pâte	absorption, temps de développement de la pâte, stabilité, viscoélasticité et manipulation	force du gluten et viscoélasticité de la pâte de semoule
Qualité du produit final	volume du pain et texture de la mie	couleur et qualité culinaire des pâtes

Tableau 2 Propriétés de la pâte fabriquée à partir d'échantillons composites de blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) et de blé dur ambré de l'Ouest canadien (CWAD) groupés par indice de chute.

Groupes d'indice de chute	CWRS						CWAD			
	Farinographe			Extensographe			Indice de gluten (%)	Alvéographe		
	Absorption (%)	Temps de développement de la pâte (min)	Stabilité de la pâte (min)	Élasticité de la pâte (UB)	Extensibilité de la pâte (cm)	Propriétés de manipulation de la pâte		Résistance de la pâte (P)	Extensibilité de la pâte (L)	Énergie de la pâte (W)
> 360 s	65,3	6,0	10,0	458	19,9	Viscoélastique	89	81	97	242
305-360 s	66,0	6,5	8,5	420	19,6	Viscoélastique	88	77	100	233
255-300 s	65,3	4,3	7,5	400	20,2	Viscoélastique	87	79	100	237
205-250 s	65,5	4,8	6,5	410	20,7	Viscoélastique	84	75	98	216
150-200 s	64,2	4,8	6,5	433	22,4	Légèrement collante	88	79	110	247
105-150 s	64,3	3,5	5,0	359	24,2	Collante	86	72	116	232
60-100 s	63,9	2,5	3,0	363	24,2	Très collante	88	75	110	240

Tableau 3 Effets de la germination sur pied sur les qualités du pain fabriqué à partir d'échantillons de blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) groupés en fonction de l'indice de chute.

Groupes d'indice de chute	Volume spécifique (cm³/g)	Texture de la mie de pain		
		Caractère collant (g*sec)	Résilience (%)	Élasticité (%)
> 360 s	9,8	3,3	38,9	95,8
305-360 s	9,6	5,0	36,7	93,8
255-300 s	9,7	6,8	34,1	93,0
205-250 s	9,6	5,9	34,1	93,9
150-200 s	9,7	9,5	31,4	91,9
105-150 s	9,5	15,4	29,2	89,1
60-100 s	9,3	19,6	25,6	88,7

Tableau 4 Effets de la germination sur pied sur les qualités des pâtes fabriquées à partir d'échantillons de blé dur ambré de l'Ouest canadien (CWAD) groupés en fonction de l'indice de chute.

Groupes d'indice de chute	Qualité culinaire			Couleur des pâtes	
	Fermeté des pâtes (g)	Perte à la cuisson (%)	Clarté (L*)	Teinte rouge (a*)	Teinte jaune (*)
> 360 s	636	5,4	71,6	4,9	63,2
305-360 s	647	5,5	71,0	5,2	61,6
255-300 s	658	5,4	70,6	5,4	60,6
205-250 s	598	5,6	70,3	5,5	60,2
150-200 s	636	5,5	69,7	6,1	60,5
105-150 s	620	5,6	69,1	6,4	60,2
60-100 s	601	5,9	69,1	6,4	60,3

Qualité du produit final

Nous avons constaté que la texture du pain se détériorait avec la baisse de l'indice de chute dans le cas des échantillons composites de blé CWRS. Il y avait une baisse graduelle de la résilience de la mie et une augmentation du caractère collant (tableau 3), mais le volume et la forme du pain ont très peu changé (figure 2). Les effets sur la qualité culinaire et la couleur des pâtes étaient limités dans le cas des échantillons composites de blé CWAD (tableau 4).

La perte de fonctionnalité résultant des dommages causés par la germination est attribuable à l'activité des enzymes et à la disponibilité de l'amidon et des protéines sur lesquels elles agissent. Nous nous attendions à ce que le blé panifiable subisse plus fortement les effets de la germination sur pied, car l'eau est nécessaire pour activer les enzymes et la fabrication de pain demande une plus grande absorption d'eau que la fabrication de pâtes. En outre, la semoule utilisée pour faire les pâtes est composée de plus grosses particules et d'amidon moins endommagé que la farine panifiable. Ces caractéristiques limitent les effets des enzymes sur la semoule, car ces dernières disposent d'une moins grande surface et l'amidon endommagé se dégrade en premier. La température élevée utilisée dans la fabrication des pâtes favorise aussi le maintien de la fonctionnalité du blé dur en détruisant les enzymes.

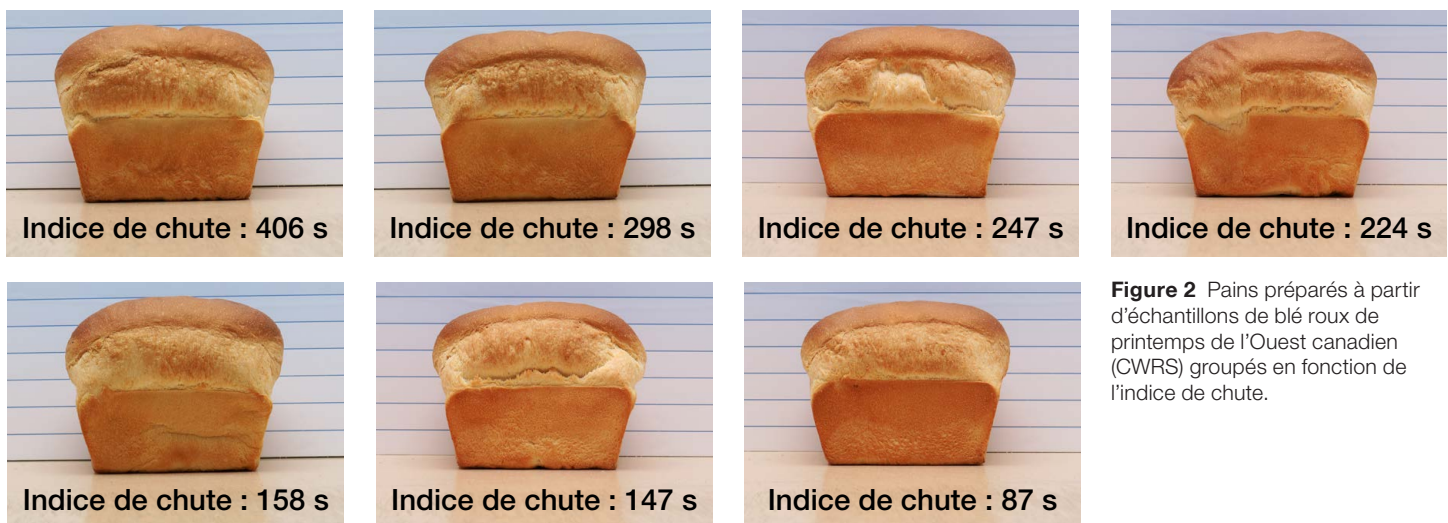


Figure 2 Pains préparés à partir d'échantillons de blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) groupés en fonction de l'indice de chute.

Travaux de recherche futurs

Dans le futur, nous espérons mener des études plus approfondies sur les changements structuraux et biochimiques associés à un endommagement progressif attribuable à la germination des grains de blé.

Bibliographie

WANG, K., C. ISAAK et B.X. FU. « Contrasting impacts of pre-harvest field sprouting on the functionality of bread and durum wheats », article présenté dans le cadre du congrès Cereals & Grains 20 Online, tenu du 25 oct. au 13 nov. 2020.
<https://aaccnet.confex.com/aaccnet/2020/meetingapp.cgi/Paper/5334> (en anglais)

ISAAK, C., K. WANG, et B.X. FU. « Functional properties of Canada Western Red Spring Wheat in relation to the degree of pre-harvest sprouting in the field », article présenté dans le cadre du congrès Cereals & Grains 20 Online, tenu du 25 oct. au 13 nov. 2020.
<https://aaccnet.confex.com/aaccnet/2020/meetingapp.cgi/Paper/5339> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme
Bin Xiao Fu, Ph. D.

Chimistes
Kun Wang, Ph. D.
Carly Isaak

Techniciens
Altash Yirdaw
Andrea Iverson
Dale Taylor
Jerry Suchy
Joseffus Santos
Li Tan
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

Accroître la valeur de l'orge par l'innovation et la recherche

Cette année, l'équipe du programme Mouture et maltage - Recherche sur l'orge et d'autres grains a étudié des façons novatrices d'accroître la valeur de l'orge. Nous avons déterminé quelles fractions d'orge élevées en protéines pourraient être utilisées dans les produits alimentaires et dans le maltage, et évalué la qualité du boulgour fabriqué à partir de deux cultivars d'orge. Nous avons examiné les effets des régulateurs de croissance des plantes sur la performance brassicole de l'orge.

Ajouter de la valeur à l'orge brassicole à haute teneur en protéines par le fractionnement

L'orge brassicole pourrait être la denrée la plus rentable pour les producteurs, mais elle doit respecter des normes de qualité strictes. Si la teneur en protéines est supérieure à 13 %, l'orge est souvent rejetée, car elle n'est pas de qualité brassicole, et elle est vendue à un prix inférieur sur le marché des aliments pour animaux. Diviser l'orge brassicole à forte teneur protéique en fractions pourrait accroître sa valeur, car les fractions riches en fibres et en protéines pourraient servir d'ingrédients alimentaires, et les fractions avec amidon pourraient servir à alimenter le brassin principal dans le processus de brassage.

Nous avons moulu plusieurs variétés d'orge ayant une teneur en protéines supérieure à 14 % (base sèche) au moyen d'un moulin de laboratoire Bühler, et nous avons obtenu six fractions de farine. Les remoulages grossier et fin ont été combinés pour produire une fraction riche en fibres et en protéines, et trois fractions de farine ont constitué la fraction de farine. La fraction riche en fibres et en protéines de chaque variété contenait une teneur plus élevée en bêta-glucanes, en protéines, en arabinoxylanes et en vitamine E que le grain entier (figure 1 et figure 2). Les fractions combinées de farine étaient appauvries en bêta-glucanes et en arabinoxylanes, mais

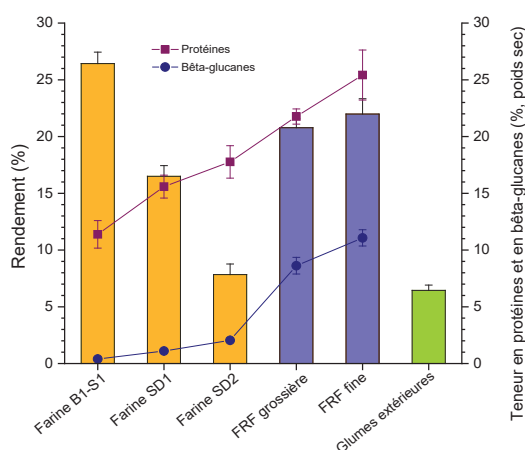


Figure 1 Rendement moyen (%) de diverses fractions de mouture provenant de six cultivars d'orge et teneurs en bêta-glucanes et en protéines (B1S2 = farine obtenue après le passage dans tous les broyeurs à cylindres et dans un claqueur, SD1 = farine obtenue après un premier passage dans une brosse à son, SD2 = farine obtenue après un deuxième passage dans une brosse à son, FRF = fraction riche en fibres et en protéines).

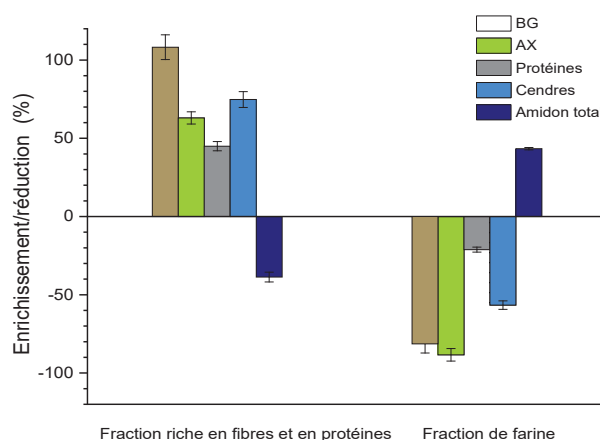


Figure 2 Variation moyenne (%) de certains constituants de la fraction riche en fibres et en protéines et de la fraction de farine par rapport à leur concentration dans les grains entiers de six cultivars d'orge (BG = bêta-glucanes, AX = arabinoxylanes).

affichaient des teneurs acceptables en protéines et des teneurs élevées en amidon (figure 2). Dans les expériences d'empâtage dans lesquelles plus de 40 % du malt a été remplacé par des fractions de farine, l'extraction du malt s'est améliorée de façon significative, sans effet négatif sur les qualités brassicoles.

Nous avons démontré que l'orge peut être moulue au moyen d'un équipement couramment utilisé pour le blé, sans qu'il faille retirer la glume extérieure. Ainsi, il est envisageable de produire de façon commerciale des fractions riches en fibres et en protéines et des fractions de farine.

Boulgour d'orge canadien et effets des méthodes de séchage sur ses propriétés physicochimiques et nutritionnelles

Le boulgour est un aliment ancien et traditionnel du Moyen-Orient et gagne en popularité ailleurs dans le monde, car il s'agit d'une céréale nutritive et pratique dont la durée de conservation est longue. Nous avons produit du boulgour de grande qualité à partir d'orge canadienne riche en amylose à grains cireux et nus (*Hordeum vulgare* L.). Nous avons aussi étudié les effets de différentes méthodes de séchage sur les propriétés physicochimiques et nutritionnelles du boulgour d'orge.

Nous avons préparé le boulgour avec un cultivar à teneur élevée en amylose (CDC Hilose) et un cultivar cireux (CDC Marlina) en cuisant, séchant et broyant les grains pour obtenir des particules plus petites, comme l'indique la figure 3. Les grains nus d'orge se sont avérés une excellente céréale pour la préparation de boulgour, et ont donné un produit attrayant (figure 4).

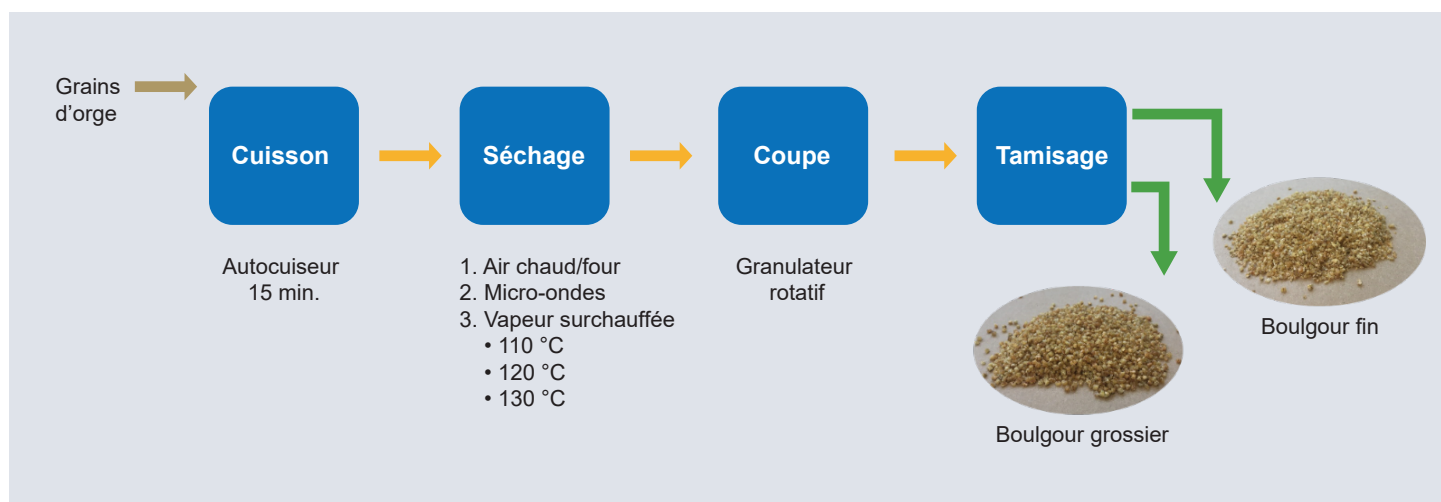


Figure 3 Étapes du traitement visant à préparer le boulgour d'orge.



Figure 4 Boulgour d'orge grossier (à gauche) et fin (à droite).

Nous avons comparé la qualité du boulgour séché à l'air chaud, par micro-ondes et par de la vapeur surchauffée. La vapeur surchauffée à 110 °C a donné un boulgour présentant des caractéristiques de qualité optimales : rendement élevé, cuisson rapide, pertes faibles à la cuisson, solubilité élevée des bêta-glucanes et forte rétention de la vitamine E. Le boulgour préparé à partir de grains séchés au micro-ondes s'est classé au deuxième rang.

Certaines des différences dans la composition et les propriétés du boulgour préparé à partir d'orge à grains cireux et à teneur élevée en amylose étaient attribuables à des variations génétiques et à des différences de composition en amidon. Les deux variétés, toutefois, ont produit un boulgour de grande qualité.

Effets des régulateurs de croissance des plantes sur la qualité brassicole de l'orge

La verse, état des céréales qui se trouvent inclinées ou versées sur le sol, peut nuire au rendement et à la qualité de l'orge. Les régulateurs de croissance des plantes de synthèse diminuent la verse en induisant la production de tiges plus courtes, plus épaisses et plus fortes, toutefois, on ignore leur incidence sur le rendement brassicole. Nous avons évalué les effets de trois régulateurs de croissance des plantes (éthéphon, chlorure de chlorméquat et trinexapac-éthyle), en combinaison avec trois densités de semis, sur la qualité brassicole de l'orge cultivée dans divers lieux et à divers moments dans l'Ouest canadien.

Notre étude a montré que l'application de régulateurs de croissance des plantes a eu un effet statistiquement significatif sur le poids des grains (figure 5) et leur caractère ventru, et n'a eu aucun effet sur la teneur en protéines et l'énergie de germination. Les densités de semis ont eu un effet significatif sur le poids des grains, la teneur en protéines et l'indice de germination, mais nous n'avons observé aucune interaction entre les régulateurs de croissance des plantes et les densités de semis.

Les plus petits grains d'orge traités avec l'éthéphon et le trinexapac étaient bien hydratés, et la modification des grains était correcte durant le maltage. L'extrait à la mouture fine du malt était significativement plus faible uniquement dans le cas de l'orge traitée avec le chlorméquat et le trinexapac (figure 6).

Afin de décider ou non de recourir aux régulateurs de croissance des plantes dans le cas de l'orge brassicole, il faut envisager à la fois les avantages possibles des régulateurs de croissance des plantes dans la réduction de la verse et leurs effets sur la performance brassicole de l'orge.



Boulgour d'orge

Grains d'orge concassés ou épointés qui sont partiellement précuits en vue d'une préparation facile et rapide.

Avantages du boulgour

1. Produit de grain entier
2. Éléments nutritifs plus assimilables
3. Teneur élevée en fibres et bêta-glucanes solubles
4. Préparation rapide et facile

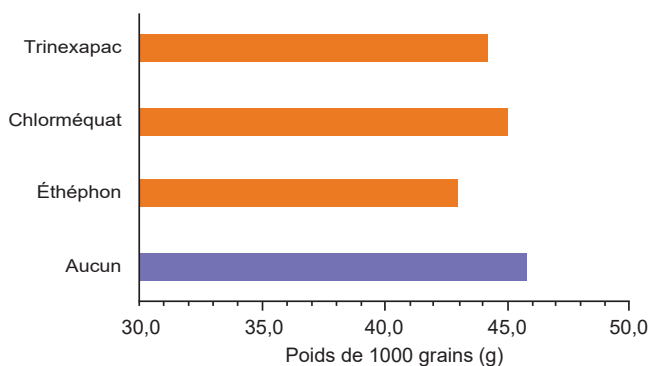


Figure 5 Effet de l'application d'un régulateur de croissance des plantes sur le poids moyen des grains (moyenne établie de cinq milieux différents). Les barres orange indiquent des moyennes significativement différentes ($p < 0,05$) du témoin. Les calculs ont été réalisés à l'aide de Proc MIXED ANOVA.

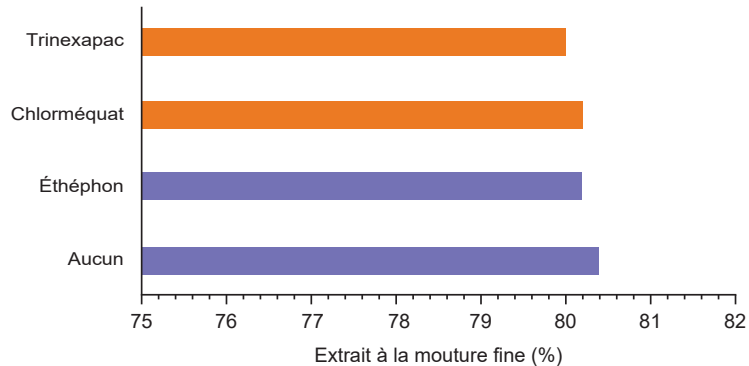


Figure 6 Effet de l'application d'un régulateur de croissance des plantes sur la proportion moyenne d'extrait de malt produite par l'orge (moyenne établie de cinq milieux différents). Les barres orange indiquent des moyennes significativement différentes ($p < 0,05$) du témoin. Les calculs ont été réalisés à l'aide de Proc MIXED ANOVA.

Travaux de recherche futurs

Nous planifions d'entreprendre des études sur l'influence de la culture précédente et de la gestion de l'azote sur le rendement en malt de l'orge et sa qualité dans tout le Canada. Nous allons aussi examiner les profils d'absorption d'eau de divers génotypes d'orge canadienne durant le trempage. En outre, nous allons poursuivre nos travaux sur l'évaluation du profil nutritionnel de l'orge canadienne ainsi que des propriétés brassicoles de nouvelles variétés canadiennes d'orge à grain nu.

Bibliographie

McMILLAN, T., B.D. TIDEMANN, J.T. O'DONOVAN, et M.S. IZYDORCZYK. « Effects of plant growth regulator application on the malting quality of barley », *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 100, no 5 (2019), p. 2082-2089.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.10231> (en anglais)

DUECK, C., M.S. IZYDORCZYK, et S. CENKOWSKI. « Effects of drying methods (hot air, microwave, and superheated steam) on physicochemical and nutritional properties of bulgur prepared from high amylose and waxy hull-less barley », *Cereal Chemistry*, vol. 97, no 2 (2020).
<https://doi.org/10.1002/cche.10263> (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* (2021), sous presse.
<https://doi.org/10.1002/cche.10426> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheuse et gestionnaire de programme

Marta S. Izydorczyk, Ph. D.

Kim Phan (vacataire)
Dave Turnock

Chimistes

Tricia McMillan
Arzoo Sharma

Techniciens

Anna Chepurna
Debby Kelly
Jerry Kletke
Shin Nam
Shawn Parsons



Oléagineux

Véronique Barthelet, Ph. D.

veronique.barthelet@grainscanada.gc.ca

Qualité du canola de 2019 laissé au champ durant l'hiver dans l'Ouest canadien

En 2019, des tempêtes hivernales hâtives ont laissé de grandes quantités de neige au sol dans l'Ouest canadien. La situation a rendu le travail au champ impossible pour les producteurs, et la récolte du canola s'est étirée d'août 2019 à juin 2020. C'est dans le nord de l'Alberta que l'on trouve la majeure partie du canola laissé au champ durant l'hiver. Dans la région de la rivière de la Paix, 76 % du canola a été laissé au champ durant l'hiver, contre 58,2 % dans le nord-ouest de l'Alberta (figure 1).

En 2017, après une tempête hivernale semblable, nous avons mené une petite étude pour évaluer la qualité du canola laissé au champ durant l'hiver. Un plus grand nombre d'échantillons que prévu (34 %) avaient obtenu le grade no 1. Toutefois, la teneur en acides gras libres (AGL) des graines du canola laissé au champ durant l'hiver, conservées dans des conditions contrôlées en laboratoire, était plus élevée que celle des graines du canola récolté à l'automne. Comme les AGL nuisent à la qualité de l'huile, les manutentionnaires et les transformateurs de grain s'inquiétaient à l'idée d'une autre récolte de canola laissé au champ durant l'hiver. L'un de nos projets cette année était d'évaluer la qualité de la récolte de canola de 2019 laissé au champ durant l'hiver. Nous avons par ailleurs cherché à déceler des changements induits par la dégradation dans les graines conservées au laboratoire, car les graines laissées au champ durant l'hiver et conservées à la ferme subiraient des changements semblables.

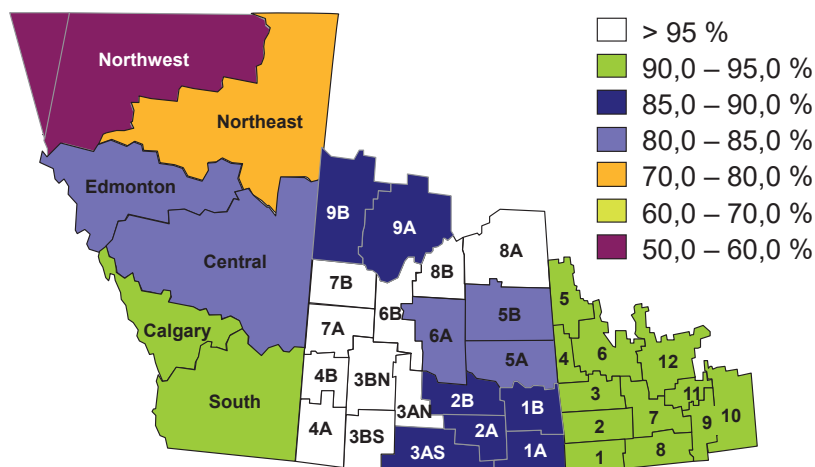


Figure 1 Pourcentage de canola récolté dans l'Ouest canadien (Prairies) en date du 2 novembre 2019. Les numéros apparaissant sur la carte indiquent les régions agricoles de recensement de la Saskatchewan et les districts agricoles du Manitoba.



Quel est le grade du canola laissé au champ durant l'hiver?

Nous avons obtenu plus de 100 échantillons de la récolte de canola de 2019 laissé au champ durant l'hiver soumis par des producteurs et des transformateurs. Ces échantillons ont été classés et analysés pour tous les paramètres qui définissent la qualité du canola : teneurs en huile, en protéines, en chlorophylle, en glucosinolates totaux et en acides gras libres et composition en acides gras.

Nous avons établi que 27,4 % des échantillons de canola de 2019 laissé au champ durant l'hiver étaient de grade Canada no 1 et que 34 %, 20,8 % et 17,9 % des échantillons étaient de grade Canada no 2, Canada no 3 et Échantillon Canada, respectivement. Les principaux facteurs de déclassement des échantillons classés Canada no 2 et Canada no 3 étaient le compte de graines nettement vertes (DGR) et la présence d'autres dommages, comme la décoloration et le givre. Les échantillons déclassés au grade Échantillon Canada présentaient surtout d'autres dommages comme la décoloration causée par l'altération sur pied et le givre, et les excréments de souris.

Acides gras libres et stabilité à l'oxydation

Les échantillons de canola de 2019 laissé au champ durant l'hiver présentaient une teneur plus élevée en huile que les échantillons récoltés à l'automne. La teneur en acides gras libres était plus élevée dans les échantillons de canola de 2019 laissé au champ durant l'hiver que dans les échantillons de canola récolté à l'automne 2019. La teneur en acides gras libres a été analysée de nouveau après une période de conservation de deux mois. Nous avons établi que cette teneur s'est accrue, même si les échantillons ont été conservés dans des conditions de faible humidité. Des études d'oxydation accélérée ont été menées avec certains échantillons. Nous avons examiné la composition en acides gras ainsi que les teneurs en huile, en chlorophylle et en acides gras libres. Les résultats indiquent que la stabilité à l'oxydation était fortement liée à la teneur en acides gras libres. Plus la teneur en acides gras libres était forte, plus l'oxydation des échantillons était rapide.

Cette étude laisse penser que le canola laissé au champ durant l'hiver peut tout de même offrir des graines de bonne qualité, de grade supérieur et à teneur faible en acides gras libres. Cependant, ce canola doit être traité dans les plus brefs délais pour limiter les effets de la teneur en acides gras libres et de l'oxydation sur la qualité de l'huile.

Travaux de recherche futurs

Nous planifions d'utiliser la spectrométrie de réflectance dans le proche infrarouge pour prédire la qualité du tourteau de canola ainsi que des graines de lin et de moutarde du Canada. Parmi les autres projets, citons l'étude des effets des graines de soja immatures sur les produits d'utilisation finale et les effets du traitement des graines de lin sur la teneur en glycosides cyanogènes, composés végétaux qui réduisent la capacité de l'organisme à absorber les nutriments essentiels.

Bibliographie

BARTHET, V.J. « Qualité du canola de l'Ouest canadien en 2018 », rapport final publié sur le site Web de la Commission canadienne des grains, 2019.
<https://grainscanada.gc.ca/fr/recherche-donnees/qualite-exportations/oleagineux/canola/2018/index.html>

BARTHET, V.J. « Qualité du canola de l'Ouest canadien en 2019 », rapport final publié sur le site Web de la Commission canadienne des grains, 2020.
<https://grainscanada.gc.ca/fr/recherche-donnees/qualite-exportations/oleagineux/canola/2019/index.html>

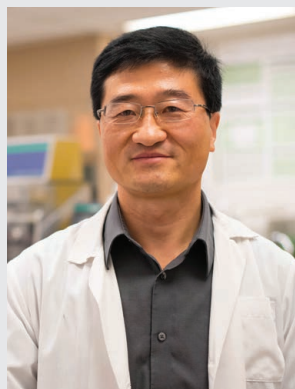
BARTHET, V.J., M.W.P. PETRYK, et B. SIEMENS. « Rapid non-destructive analysis of intact canola seeds using a handheld near-infrared spectrometer », *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 97, no 6 (2020), p. 577–589.
<https://doi.org/10.1002/aocs.12335> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheuse et gestionnaire de programme
Véronique J. Barthelet,
Ph. D.

Chimistes
Ann Puvirajah
Bert Siemens
Tao Fan

Techniciens
Colleen Kobialka
Marnie MacLean
Hayeon Oh
Nicole Pogorzelec
Katharine Schulz
Brad Speiss



Recherche sur les légumineuses

Ning Wang, Ph. D.

ning.wang@grainscanada.gc.ca

Mise au point d'une nouvelle méthode de détermination de la capacité d'absorption d'huile des farines et matières protéiques de légumineuses

L'industrie de l'alimentation augmente son utilisation d'ingrédients à base de légumineuses, comme la farine, l'amidon, les fibres et les protéines, dans divers produits. Il existe une demande pour ces produits, puisque les ingrédients à base de légumineuses sont peu coûteux, offrent une forte valeur nutritionnelle et présentent des avantages connus pour la santé. Pour que l'utilisation de ces ingrédients soit une réussite, nous devons connaître les propriétés qui influencent l'apparence, le goût et la texture du produit fini.

Importance de l'absorption d'huile

L'équipe du programme de Recherche sur les légumineuses examine les propriétés physiques, chimiques et fonctionnelles des légumineuses canadiennes et met au point de nouvelles méthodes pour les mesurer. L'une des propriétés fonctionnelles que nous étudions est la capacité d'un ingrédient à absorber et à retenir l'huile, soit sa capacité d'absorption d'huile (CAH). Les farines et les protéines de légumineuses doivent retenir l'huile si elles sont utilisées dans des aliments tels que les produits de boulangerie et les substituts de viande. La CAH est habituellement déterminée en mélangeant un échantillon de légumineuses avec de l'huile en excès, en centrifugeant le mélange et en calculant la quantité d'huile absorbée par l'échantillon. Lorsque nous avons suivi les protocoles classiques de mesure de la CAH, nous avons observé que durant la décantation, certains des ingrédients les moins denses laissent s'égoutter l'huile non absorbée et que certains ingrédients réabsorbent l'huile résiduelle dans les tubes d'échantillon après la centrifugation. Ces problèmes ont donné des valeurs de CAH inexactes.

Amélioration de l'exactitude des mesures

Pour améliorer l'exactitude, nous avons mis au point une nouvelle méthode de détermination de la CAH qui fait appel à un papier filtre pour séparer l'huile non absorbée de l'échantillon pendant la centrifugation (figure 1). Cette méthode permet à l'huile non absorbée de passer à travers le papier filtre et d'être recueillie dans le fond du tube de centrifugation, ainsi que de retenir toutes les matières solides dans le tube d'essai (figure 1D). Pour mesurer toute huile demeurée dans le papier filtre, un tube d'essai témoin contenant uniquement l'huile est aussi centrifugé, et le papier est pesé après la centrifugation. Notre nouvelle méthode a empêché la perte d'échantillon et a réduit au minimum la réabsorption d'huile par les matières des légumineuses.

Nous nous sommes servis de cette technique pour déterminer la CAH des farines et concentrés ou isolats protéiques de légumineuses (tableau 1), et elle s'est avérée une méthode objective, simple, efficace et fiable. Elle peut aussi être appliquée à divers ingrédients à base de légumineuses et de soja. L'industrie de l'alimentation pourra utiliser les résultats obtenus avec notre nouvelle méthode pour accroître le recours aux ingrédients à base de légumineuses et pour créer un plus grand marché pour les légumineuses canadiennes.



Autres activités

L'équipe du programme de Recherche sur les légumineuses mène aussi des analyses de qualité sur les échantillons de légumineuses et de soja reçus dans le cadre du Programme d'échantillons de récolte et participe à la surveillance des cargaisons. Les données recueillies servent à appuyer le système d'assurance de la qualité et les possibilités de commercialisation des légumineuses canadiennes.

Tableau 1 Comparaison entre la méthode classique et notre nouvelle méthode de mesure de la capacité d'absorption d'huile (g huile/g d'échantillon, matière sèche) de farines, concentrés et isolats protéiques de légumineuse et de soja¹.

Échantillon	Nouvelle méthode	Méthode classique
Haricots ronds blancs	0,19 ± 0,02b ²	0,92 ± 0,01a
Farine de pois A	0,33 ± 0,02b	0,72 ± 0,02a
Pois chiches Kabuli	0,25 ± 0,01b	0,97 ± 0,01a
Fibre de pois commerciale	0,29 ± 0,01b	1,29 ± 0,02a
Farine de pois extrudée	0,16 ± 0,01b	1,11 ± 0,03a
Concentré de protéines de pois obtenu par turboséparation	0,75 ± 0,01b	1,04 ± 0,03a
Concentré commercial de protéines de pois	0,51 ± 0,03b	0,74 ± 0,03a
Concentré commercial de protéines de soja	0,30 ± 0,01b	1,10 ± 0,07a
Isolat commercial de protéines de soja	0,33 ± 0,03b	0,95 ± 0,04a
Écart-type cumulé (sp)	0,018	0,034

¹On a analysé six répétitions de chaque échantillon (n = 6).

²Les moyennes d'une ligne assorties d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (p > 0,05) d'après le test de Duncan.

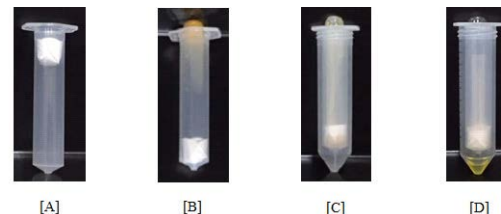


Figure 1 [A] papier filtre plié inséré dans le corps d'une seringue; [B] tube d'essai avec échantillon et huile dans le corps d'une seringue, et papier filtre au fond du tube d'essai; [C] ensemble seringue (corps de la seringue, papier filtre, tube d'essai à l'envers, échantillon et huile) dans un tube à centrifugation; et [D] ensemble seringue après la centrifugation avec l'huile recueillie dans le tube de centrifugation conique.

Travaux de recherche futurs

Dans le futur, nous planifions d'améliorer les méthodes permettant de mesurer d'autres propriétés fonctionnelles des légumineuses, comme la capacité d'émulsion et les propriétés pastières. Nous examinerons aussi comment les différents traitements thermiques et procédés de mouture ont une incidence sur certaines propriétés chimiques et fonctionnelles des farines de légumineuses. Par ailleurs, nous évaluerons l'effet de la variété, du lieu de culture et de l'année de culture sur le rendement, la composition chimique et la fonctionnalité des fractions de féveroles obtenues par classement pneumatique. En collaboration avec la division des Services à l'industrie de la Commission canadienne des grains, nous étudierons les effets sur la qualité de décorticage de la présence de graines délavées ou plissées dans les lentilles rouges. Les données issues de cette étude scientifique viendront appuyer le système de classement des grains, en permettant d'établir des seuils de tolérance applicables à ces deux facteurs pour chacun des grades de lentilles rouges.

Bibliographie

WANG, N., et L. MAXIMIUK. « Effect of air classification processing variables on yield, composition, and certain antinutrients of air-classified fractions from field peas by response surface methodology », *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 43, no 7 (2019), article no 13999. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13999> (en anglais)

Wang, N., L. MAXIMIUK, D. FENN, M. NICKERSON, et A. HOU. « Development of a method for determining oil absorption capacity in pulse flours and protein materials », *Cereal Chemistry*, vol.97, no 6 (2020), p. 1111-1117. <https://doi.org/10.1002/cche.10339> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme
Ning Wang, Ph. D.

Chimiste
Dora Fenn

Techniciennes
Lisa Maximiuk
Monica Cabral



Enzymes du blé

Ray Bacala, M. Sc.

ray.bacala@grainscanada.gc.ca

Rôle des protéines dans la détermination de la qualité du grain

L'équipe du programme de recherche sur les Enzymes du blé utilise une nouvelle technologie pour mieux comprendre les problèmes de qualité des grains canadiens. Nous poursuivons actuellement trois projets : déterminer le profil des sous-unités protéiques du gluten, analyser les effets des protéases de *Fusarium* sur la force du gluten et réaliser une analyse protéomique du malt et du moût d'orge.

Déterminer le profil des sous-unités protéiques du gluten

Le gluten est un grand polymère constitué de nombreuses sous-unités protéiques. Le type de sous-unité ainsi que leur quantité relative ont une incidence sur le rendement à la panification d'une farine. Toutefois, c'est la conformation finale du complexe de polymères du gluten qui détermine la qualité d'une farine. Une grande partie des connaissances que nous possédons sur le gluten provient de la dégradation du polymère et de l'étude de chacune de ses sous-unités protéiques. Nous avons eu recours à la spectrométrie de masse pour séparer et analyser simultanément toutes les sous-unités protéiques intactes d'un échantillon à l'aide d'une technique appelée profilage protéiforme. Cette année, nous avons publié une étude décrivant la première utilisation du profilage protéiforme sur des végétaux et comment deux modifications antérieurement inconnues apportées aux protéines du gluten ont été trouvées. En accroissant nos connaissances sur la composition protéique des grains à l'échelle biochimique, nous avons ouvert la voie à de nouvelles découvertes. Le but ultime est d'appliquer ces connaissances à la mise au point de nouveaux essais mesurant la qualité et de nouveaux marqueurs pour guider les sélectionneurs de végétaux dans le futur.

Examiner l'incidence des protéases de *Fusarium* sur la force du gluten

La fusariose est une maladie fongique des céréales, qui réduit le rendement et produit des mycotoxines qui peuvent être nocives aux humains et aux animaux. Le *Fusarium* se sert de protéases pour digérer les protéines présentes dans les grains, ce qui lui permet d'infecter son hôte et de s'en nourrir. Ces enzymes sont dormantes dans les grains matures infectés, sont réactivées durant la fabrication de la pâte, affaiblissent le gluten et réduisent éventuellement le rendement à la panification (figure 1). Actuellement, on classe les céréales canadiennes en fonction des dommages causés par le *Fusarium* à l'aide d'une inspection visuelle qui permet de détecter les grains fusariés (FDK), laquelle permet de contrôler adéquatement le risque de dommages causés par les protéases. Les grains fusariés déformés sont minces et légers et contiennent généralement plus de protéases. On peut les retirer des céréales grâce à leur poids léger et à leur forme amincie, et ce faisant, on réduit les répercussions des protéases de *Fusarium* sur la qualité. La taille et le poids des grains fusariés sont proches de ceux des grains intacts et possèdent encore une activité protéase considérable. À la fois le nombre de grains fusariés et la gravité de l'infection contribuent à l'activité protéase d'un échantillon (figure 2).

Nous tentons de comprendre le lien qui existe entre l'activité protéase et la perte de qualité boulangère en caractérisant les propriétés biochimiques des protéases produites par le *Fusarium* durant l'infection. Ces connaissances nous permettront de mettre au point un essai détectant précisément ces protéases et de mesurer leurs effets sur la qualité. Les connaissances acquises de ces travaux de recherche procureront des indices de classement fondés sur des mesures scientifiques qui porteront précisément sur la qualité fonctionnelle des produits d'utilisation finale.



Analyse protéomique du malt et du moût d'orge

Nous poursuivons nos travaux avec l'équipe du programme Mouture et maltage – Recherche sur l'orge et d'autres grains pour détecter et mesurer certaines protéines reconnues pour causer des problèmes de qualité dans la bière, comme la turbidité et le giclage. Il est difficile de travailler avec le moût, liquide extrait du malt par empâtage, car les protéines ont été modifiées et sont très dégradées. On sait que certaines protéines ont des répercussions négatives sur le maltage et l'empâtage. Il est aussi possible que, pendant le processus de fabrication de la bière, des protéines inoffensives se dégradent en fragments qui ont une incidence sur la qualité de la bière. Les méthodes actuelles qui font appel à un analyseur d'azote par combustion ou à la réflectance dans le proche infrarouge pour mesurer le contenu en protéines d'un échantillon ne fournissent aucune information sur les protéines présentes, leur état fonctionnel ou leur variation parmi les échantillons.

Pour obtenir de l'information sur chaque protéine, nous avons utilisé la protéomique et l'avons appliquée à l'analyse du moût. La protéomique est l'analyse de toutes les protéines d'un échantillon au moyen de la spectrométrie de masse à haute résolution et de données sur la séquence protéique dans le but d'identifier et de mesurer une grande quantité de protéines. La génomique indique les protéines qui devraient être présentes, mais la protéomique cherche à confirmer si elles sont présentes, comment elles ont été modifiées et la quantité de chacune d'elles. Nous avons été en mesure de détecter simultanément plus de 150 protéines, dont toutes les protéines antérieurement identifiées, en une seule analyse. Nous avons aussi mis au point une méthode servant à mesurer individuellement plus de 90 protéines avec une précision suffisamment élevée pour permettre les comparaisons entre échantillons. Ainsi, nous pouvons comparer les différents régimes de maltage et d'empâtage pour observer comment ils se répercutent sur la teneur en protéines, qui a des effets sur la qualité de la bière. Les études comme celle-ci visent à confirmer la présence de protéines connues et, éventuellement, à en identifier de nouvelles. Elles contribuent aussi à relever les variations de traitement qui pourraient contrer les effets négatifs des protéines problématiques.



Figure 1 Pain fabriqué avec une farine provenant de grains intacts (à gauche) et de 3 % de grains fusariés déformés (à droite). Les dommages causés par les protéases de *Fusarium* ont créé de gros trous ouverts et l'affaissement du pain.

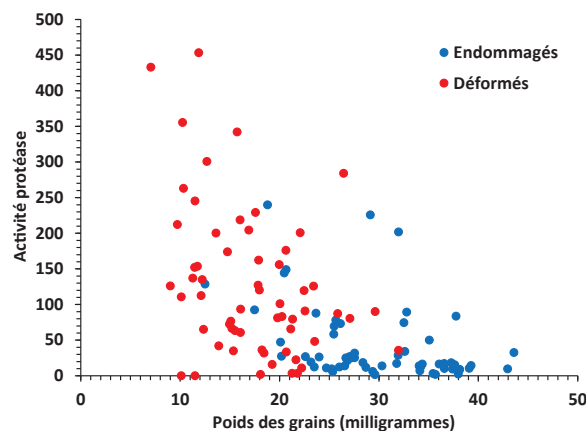


Figure 2 Lien entre l'activité protéase et le poids de chaque grain fusarié choisi à partir de six échantillons de producteurs. Les grains endommagés et les grains déformés ont contribué à l'activité protéase des échantillons.

Travaux de recherche futurs

Les travaux de recherche futurs sont axés sur l'examen continu de la façon dont la qualité des produits d'utilisation finale est touchée par les dommages causés par les protéases découlant de la germination sur pied du blé et du blé dur et par les variations touchant les régimes de maltage et d'empâtage de l'orge. En outre, nous souhaitons mettre au point une méthode mesurant la synthèse liée aux grains d'amidon, enzyme responsable de l'aspect cireux du blé. En sachant combien d'enzymes sont présentes dans une variété, nous pouvons faciliter le développement de variétés partiellement cireuses pour satisfaire les besoins du marché. Enfin, nous planifions d'utiliser le profilage protéiforme pour caractériser les différences biochimiques entre les échantillons des variétés de blé qui présentent des différences inattendues dans la force du gluten selon les différents lieux de culture. Les connaissances obtenues de ces travaux de recherche permettent d'améliorer la qualité du blé et d'appuyer un système d'assurance de la qualité fondé sur des données scientifiques au Canada.

Bibliographie

BACALA, R., B.X. FU, H. PERREAULT, et D.W. HATCHER. « Quantitative LC-MS proteoform profiling of intact wheat glutenin subunits », *Journal of Cereal Science*, vol. 94 (2020), article no 102963.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102963> (en anglais)

BACALA, R., B.X. FU, D.W. HATCHER, et H. PERREAULT. « C-terminal tyrosine removal from wheat low-molecular weight glutenins (LMWGS); biologically relevant or mistaken substrate? », *Journal of Cereal Science*, vol. 95 (2020), article no 103060.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103060> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chimiste
Ray Bacala

Technicienne
Katherine Cordova



Services analytiques

Kerri Pleskach, M. Sc.

kerri.pleskach@grainscanada.gc.ca

Donner aux producteurs des données sur la qualité des grains au moyen du Programme d'échantillons de récolte

La Commission canadienne des grains mène le Programme d'échantillons de récolte depuis 1927. Au début, les demandes d'échantillons étaient envoyées aux silos à grain, mais aujourd'hui, les enveloppes à échantillons sont envoyées directement aux producteurs qui s'inscrivent au Programme d'échantillons de récolte sur une base volontaire. En 2020, 39 071 enveloppes ont été envoyées à 6409 producteurs partout au Canada. Après avoir envoyé leurs échantillons, les producteurs reçoivent un grade non officiel ainsi qu'une analyse de la qualité de leur grain. Chaque producteur peut se servir de cette information pour commercialiser son grain de façon plus efficace. La Commission canadienne des grains utilise les données pour promouvoir la qualité des grains canadiens dans le monde.

Déterminer la concentration de désoxynivalénol et l'indice de chute des échantillons de récolte

Le désoxynivalénol et l'indice de chute ne sont pas des facteurs de classement officiels, mais ils peuvent avoir des répercussions sur la qualité d'utilisation finale et jouent un rôle dans le prix que les producteurs reçoivent pour leurs livraisons de blé. En 2018, le Programme d'échantillons de récolte a ajouté les essais de détermination de l'indice de chute et du désoxynivalénol à l'analyse des échantillons de blé, de blé dur, de maïs (désoxynivalénol uniquement) et de seigle (indice de chute uniquement). Ces essais ont été inclus afin que les producteurs bénéficient d'autres avantages, notamment pour qu'ils disposent d'une plus grande quantité de données sur lesquelles fonder leurs décisions en matière de commercialisation.

La concentration maximale de désoxynivalénol au Canada est de 2,0 parties par million (ppm) dans le blé. Santé Canada est actuellement en train de revoir ce seuil, et il est possible que le seuil maximal de désoxynivalénol accepté par certains pays importateurs de grains canadiens soit inférieur. Le Programme d'échantillons de récolte détermine la concentration de désoxynivalénol dans les échantillons au moyen d'un dispositif à flux latéral (figure 1). En 2020, nous avons établi que 99 % du blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) présentait des valeurs de désoxynivalénol inférieures à 2,0 ppm et que 88 % du blé CWRS présentait des valeurs inférieures à la limite de détection, laquelle est de 0,3 ppm. Nous avons aussi établi que 98 % du blé dur ambré de l'Ouest canadien (CWAD) présentait des valeurs de désoxynivalénol inférieures à 2,0 ppm, et 85 % du blé CWAD, des valeurs inférieures à 0,3 ppm (tableau 1).



Figure 1 Chargement d'une aliquote d'échantillon dans un lecteur de bandelettes d'analyse à flux latéral aux fins du dosage du DON.

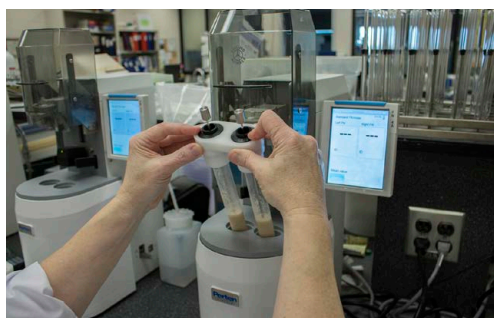


Figure 2 Immersion de tubes à essai remplis de bouillie dans un bain d'eau bouillante aux fins de la détermination de l'indice de chute.

Tableau 1 Résultats de l'essai servant à déterminer la concentration de désoxynivalénol d'échantillons de blé de la campagne agricole 2020. Les valeurs de désoxynivalénol sont exprimées en parties par million (ppm).

	Blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS)	Blé dur ambré de l'Ouest canadien (CWAD)	Tous les blés et les blés durs
Désoxynivalénol (ppm)	Proportion d'échantillons (%)	Proportion d'échantillons (%)	Proportion d'échantillons (%)
Valeur inférieure au seuil (< 0,3)	87,6	85,2	88,0
0,3 - 2,0	11,7	13,0	11,2
> 2,0	0,7	1,8	0,9
Nombre total d'échantillons	5008	1164	6936

Tableau 2 Résultats de l'analyse de l'indice de chute d'échantillons de blé de la campagne agricole 2020. Les valeurs d'indice de chute sont exprimées en secondes (s).

	Blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS)	Blé dur ambré de l'Ouest canadien (CWAD)	Tous les blés et les blés durs
Indice de chute (s)	Proportion d'échantillons (%)	Proportion d'échantillons (%)	Proportion d'échantillons (%)
> 350	73,9	98,1	78,5
305-350	13,6	1,5	11,4
255-300	7,0	0,6	5,7
< 250	5,6	0,2	4,4
Nombre total d'échantillons	5008	1164	6936

L'indice de chute le plus faible possible est de 62 secondes et est corrélé à de très graves dommages causés par la germination. Un indice de chute supérieur à 350 secondes est corrélé à un grain sain, sans germination. La méthode utilisée à la Commission canadienne des grains (figure 2) est calquée sur les essais de détermination de l'indice de chute certifiés par l'American Association of Clinical Chemistry et l'International Association for Cereal Science and Technology. Le Programme d'échantillons de récolte de 2020 a permis de constater que 74 % du blé CWRS et 98 % du blé CWAD étaient sains, l'indice de chute étant supérieur à 350 secondes (tableau 2).

Collaborer durant la pandémie

En 2020, les restrictions mises en œuvre pour réagir à la pandémie de COVID-19 ont fait en sorte que l'équipe des Services analytiques a dû demander l'aide d'employés de nombreuses autres sections de la Commission canadienne des grains, dont les Ressources humaines, les Services à l'industrie et tous les programmes du Laboratoire de recherches sur les grains. Quarante-deux employés autres que ceux du Programme d'échantillons de récolte nous ont prêté main forte et ont passé plus de 8400 heures à recevoir, nettoyer, diviser et mouler des échantillons ainsi qu'à mesurer la teneur en protéines, la teneur en eau, la concentration de désoxynivalénol et l'indice de chute. Bien que cette situation ait nécessité une offre accrue de formation, nous avons été en mesure de recourir la plupart du temps à des employés de la Commission canadienne des grains pour réaliser les activités du Programme d'échantillons de récolte.

Pendant la campagne agricole 2020, nous avons reçu 13 783 échantillons de récolte représentant 18 produits différents. Parmi ces échantillons, 59 % étaient des céréales, 31 % étaient des oléagineux et 10 % étaient des légumineuses. La majorité des échantillons reçus étaient du blé, suivi du canola et du blé dur. Tous les échantillons ont fait l'objet d'une inspection, d'un classement et d'une évaluation de la teneur en protéines. On a mesuré l'indice de chute de 7041 échantillons, et 7109 échantillons ont fait l'objet d'une analyse de la concentration de désoxynivalénol et d'autres essais, en fonction du produit. Le 13 novembre 2020, nous avons reçu 658 échantillons de tous les produits, un nombre fracassant le record d'échantillons reçus en une seule journée.

Liens connexes

<https://grainscanada.gc.ca/fr/qualite-grains/echantillon-recolte/>

<https://www.grainscanada.gc.ca/fr/recherche-donnees/statistiques/statistique-hebdomadaire/>

Membres de l'équipe

Chimiste et gestionnaire de programme

Kerri Pleskach
Twylla McKendry
(à la retraite depuis le 13 novembre 2020)

Superviseure du Programme d'échantillons de récolte

Cherianne McClure

Chef de l'équipe d'analyse de l'indice de chute

Evelyn Barnett

Techniciens des Services analytiques

Len Alexiuk
Bruno Klassen
Andy Peng
Hong Yue
Gary Dion
Richard McKinley
Debbie Salazar

Techniciens du Programme d'échantillons de récolte

Siobhan Boughen
Colleen Kobialka
Kim Phan
Mohanad Zraik
Aaron-John Gartner
Pamela Lavalée
Nana Suleman

Et de nombreux techniciens du LRG



Recherche sur la biotechnologie des grains

Tigst Demeke, Ph. D.

tigst.demeke@grainscanada.gc.ca

Mise au point et validation de méthodes de détection d'organismes génétiquement modifiés

L'équipe du programme de Recherche sur la biotechnologie des grains met au point et évalue des méthodes fondées sur l'ADN pour identifier et quantifier des organismes génétiquement modifiés (OGM). Nous utilisons ces méthodes pour déceler la présence d'OGM non autorisés et retirés du marché dans des grains et des oléagineux.

Élimination du lin FP967 (CDC Triffid) dans le lin canadien

En 2009, de l'ADN d'un lin génétiquement modifié (GM) a été détecté dans une cargaison exportée vers l'Europe, en provenance du Canada. À l'époque, le lin GM FP967 était autorisé au Canada et aux États-Unis. Il était cependant interdit dans les pays importateurs qui avaient une politique de tolérance zéro pour les produits GM non autorisés, comme le Japon et les membres de l'Union européenne. Au paroxysme de l'incident relatif au lin FP967, le taux de détection positive était très faible, et se situait à environ 0,05 % à 0,01 %.

Les sélectionneurs de lin canadien ont réussi à éliminer les graines de lin FP967 dans les variétés de lin cultivées le plus fréquemment. Cette élimination a été réalisée en choisissant soigneusement chacun des plants exempts d'OGM et en ayant recours à des protocoles rigoureux de multiplication de graines sans OGM pour chaque variété de lin. Notre rôle consistait à analyser les échantillons prélevés de cargaisons de lin. Nous avons effectué ces analyses durant plusieurs années et n'avons trouvé aucun lin FP967 (tableau 1). Par ailleurs, nous n'avons trouvé aucune trace de lin FP967 lorsque nous avons analysé des échantillons de récolte de variétés de lin de production commerciale. En dépit du petit nombre d'échantillons, l'absence systématique de lin FP967 indique que les variétés de lin canadien sont maintenant exemptes de ce lin GM.

Essais de PCR numérique

Nous continuons à étudier des méthodes simples et exactes pour analyser les OGM. L'essai de la réaction en chaîne de la polymérase (PCR) est souvent utilisé pour analyser l'ADN (figure 1). Il s'agit d'une technique qui nous permet de copier ou amplifier rapidement l'ADN en quantités suffisamment importantes pour permettre un examen. Nous estimons que la PCR numérique est une avenue prometteuse pouvant se substituer à la PCR en temps réel, technique classique utilisée pour l'analyse des OGM. Lorsque la PCR numérique est utilisée, l'échantillon est divisé en milliers de partitions ou de gouttelettes. Chaque partition est alors analysée pour déceler la présence d'une séquence donnée d'ADN. Le rapport des partitions d'ADN associées à un résultat positif (présence d'OGM) sur les partitions d'ADN de référence sert à calculer la quantité d'OGM présents dans un échantillon donné.

Détection d'ADN génétiquement modifié dans des échantillons traités à la chaleur

La qualité de l'ADN est un élément important dont il faut tenir compte pour détecter avec exactitude la présence d'OGM. Le traitement des aliments peut causer une cassure ou une dégradation de l'ADN. Si l'ADN d'un échantillon est dégradé, il pourrait ne pas s'amplifier correctement, et la quantité d'OGM que contient l'échantillon pourrait ne pas être évaluée correctement. Cette année, nous avons étudié les effets de la chaleur sur la détection d'OGM. En général, le traitement à la chaleur d'échantillons broyés entraîne une dégradation de l'ADN qui est semblable à celle des échantillons traités d'une autre façon. Nous avons traité à la chaleur des farines de canola et de soja contenant chacune deux OGM connus. L'ADN a été extrait, puis amplifié par PCR numérique à gouttelettes et par PCR qualitative en temps réel. Nous avons aussi amplifié l'ADN d'échantillons témoins non traités. Dans le cas de trois OGM, les résultats de PCR numérique et en temps réel obtenus de tous les échantillons se sont avérés exacts. L'ADN dégradé a donc une incidence minime sur l'amplification par PCR, et le recours à la PCR pour déceler les OGM dans les échantillons traités est pertinent.

Tableau 1 Résultats d'essais de PCR sur des échantillons de cargaisons de lin analysés de 2012 à 2019.



Figure 1 Préparation d'échantillons pour l'analyse à l'aide d'un essai de réaction en chaîne de la polymérase (PCR).

Année	Nombre d'échantillons de cargaisons de lin analysés	Résultats d'essais de PCR utilisés pour détecter le lin FP967
2019	14	Non détecté
2018	16	Non détecté
2017	12	Non détecté
2016	22	Non détecté
2015	18	Non détecté
2014	9	Non détecté
2013	15	Non détecté
2012	12	Non détecté

Travaux de recherche futurs

L'équipe du programme de Recherche sur la biotechnologie des grains continuera d'explorer comment la PCR numérique peut servir à détecter et quantifier les OGM. Nous travaillerons aussi à vérifier les méthodes de détection des nouveaux OGM. Comme certaines variétés végétales contenant de nouveaux OGM sont parfois autorisées, il est important de disposer de méthodes de détection validées.



Bibliographie

BOOKER, H.M., E.G. LAMB, et S.J. SMYTH. « Ex-post assessment of genetically modified, low level presence in Canadian flax », *Transgenic Research*, vol. 26 (2017), p. 399-409.
<https://doi.org/10.1007/s11248-017-0012-7> (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), p. 1-6.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107291> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme
 Tigst Demeke, Ph. D.

Biologiste
 Michelle Holigroski

Technicienne
 Monika Eng



Microbiologie

Sean Walkowiak, Ph. D.

sean.walkowiak@grainscanada.gc.ca

Améliorer la salubrité des grains grâce à la génomique

Les organismes microscopiques, comme les bactéries et les mycètes, sont partout. Certains microbes sont bénéfiques aux cultures céréalières, car ils contribuent à la santé des plantes et des sols. D'autres, toutefois, peuvent endommager les cultures et entraîner une baisse du rendement et de la qualité des grains. Si certains microbes pathogènes persistent dans les produits alimentaires, ils peuvent causer des maladies chez les humains et les animaux.

Le programme de Microbiologie est doté d'un laboratoire de confinement microbiologique dans lequel on utilise l'analyse de l'ADN pour détecter la présence de microbes et prédire la production de toxines. Lorsque l'analyse de l'ADN n'est pas possible ou lorsque nous avons besoin de données détaillées, nous utilisons les outils de séquençage de l'ADN les plus récents pour obtenir toute l'information génétique (génome). En détectant les espèces microbiennes et les toxines qu'elles produisent dans les grains, nous pouvons aider nos partenaires du milieu universitaire, du gouvernement et de l'industrie à garder une longueur d'avance sur les menaces pouvant peser sur la production des grains et la salubrité des aliments.

Analyse à haut débit de l'ADN des microbes présents dans les grains

Les méthodes modernes d'analyse de l'ADN nous permettent d'identifier les microbes présents dans des centaines d'échantillons de grain en une seule journée. L'ADN de chaque espèce de microbe est unique. À l'aide d'une technique d'analyse de l'ADN appelée réaction en chaîne de la polymérase (PCR), nous pouvons repérer des séquences uniques d'ADN qui nous révèlent si un microbe en particulier est présent. Nous pouvons aussi recourir à la PCR pour détecter les gènes participant à la production de toxines dans un microbe et déterminer le risque de maladie.

Par exemple, le blé peut être infecté par la fusariose, maladie fongique causée par de nombreuses espèces de *Fusarium*. Pour identifier les espèces présentes, nous broyons des grains infectés et utilisons la PCR pour examiner les séquences d'ADN qui sont propres à chaque espèce de *Fusarium*. Cette technique nous permet d'identifier avec exactitude la ou les espèces de *Fusarium* présentes. Les mycètes causant la fusariose peuvent aussi produire des toxines qui posent un risque pour la santé humaine et animale. L'une de ces toxines est le désoxynivalénol (DON). Il existe cependant de nombreuses variantes chimiques de la molécule de désoxynivalénol (p. ex. 3ADON, 15ADON et NX-2), et le type de toxine produite dépend de différentes séquences du matériel génétique (figure 1). À l'aide de la PCR, nous pouvons révéler ces différences et prédire la toxine que le mycète pourrait produire. Notre système robotisé à haut débit nous permet de réaliser plus de 5000 analyses de PCR sur une seule puce (figure 2). Nous avons recours à cette même méthode d'analyse pour identifier les bactéries et gènes de toxines trouvés dans les grains.

Séquençage de l'ADN pour une caractérisation détaillée des microbes et des communautés microbiennes

Les analyses de l'ADN qui font appel à la PCR sont une méthode rapide et facile pour détecter des profils d'ADN connus. Cependant, ces profils doivent être choisis avant de réaliser l'analyse, ce qui nous donne une analyse incomplète des microbes présents. Pour compléter ces analyses, nous avons recours au séquençage de l'ADN du génome entier. Ainsi, nous obtenons une analyse détaillée des microbes présents dans les grains, notamment ceux qui pourraient ne jamais avoir fait l'objet d'une description auparavant.

Pour obtenir des données sur le génome entier, nous mettons les microbes en culture sur des grains trempés dans un liquide enrichi de nutriments. Nous isolons par la suite l'ADN de la communauté microbienne complète et réalisons des analyses de l'ADN ciblant certains microbes. Nous procédons au séquençage de l'ADN de toute la communauté microbienne (figure 3). Si un certain microbe présente un intérêt particulier, nous pouvons le séparer de la communauté et réaliser un séquençage de son génome. À l'aide des données de séquençage du génome, nous pouvons analyser de façon détaillée les espèces de microbes et leurs gènes qui contribuent aux maladies, à la production de toxines et à la résistance aux antimicrobiens. Nous pouvons aussi relever les différences d'ADN entre microbes qui peuvent nous permettre de mettre au point de nouvelles analyses par PCR à utiliser à l'avenir pour des analyses à haut débit de microbes.

Recours à la génomique pour étudier les interactions plante-agent pathogène et l'amélioration des cultures

En raison de la petite taille du génome des microbes et de la moins grande complexité de ce dernier, le séquençage de l'ADN est beaucoup plus simple pour les microbes que pour les cultures. Par exemple, le génome de *Fusarium graminearum* est connu depuis plus d'une décennie. Le génome du blé, toutefois, est 400 fois plus volumineux et n'est connu que depuis récemment. Étant donné les nouvelles technologies de séquençage, les coûts réduits et l'augmentation du débit, il est maintenant possible d'effectuer une analyse détaillée du génome autant des microbes que des cultures. Grâce à des collaborations au pays et ailleurs, nous utilisons le séquençage de l'ADN et la génomique pour faciliter la recherche sur les cultures ayant une meilleure résistance aux maladies causées par des microbes, comme la fusariose, la rouille et la pyriculariose du blé, et pour favoriser l'amélioration génétique de ces cultures.

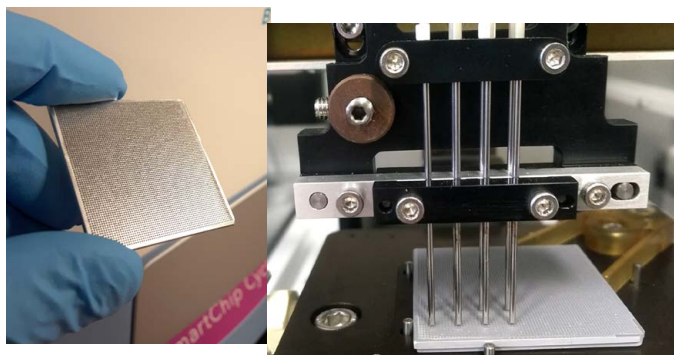


Figure 2a Puce unique sur laquelle plus de 5000 analyses de l'ADN sont réalisées afin de détecter des microbes et leurs toxines.

Figure 2b Appareil de PCR à haut débit et dispositif robotisé manipulant les solutions utilisées pour déceler des microbes précis.



Figure 3 Séquençage du génome entier de microbes et de communautés microbiennes à l'aide de technologies qui lisent les molécules d'ADN individuelles.

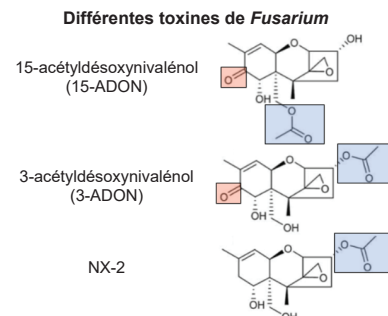


Figure 1 Différences chimiques entre les variantes de la molécule de désoxynivalénol (DON) résultant des différences dans l'ADN des gènes de *Fusarium*.

Travaux de recherche futurs

Nous allons continuer à recourir au séquençage du génome comme outil de base pour mettre au point de nouvelles analyses de l'ADN à haut débit, ce qui garantira que nos méthodes d'analyse sont à la fois exactes et à jour. Ces nouvelles analyses de l'ADN nous permettront de répondre aux nouveaux besoins de l'industrie des grains.

Bibliographie

- GAO, L., et coll. « The Aegilops ventricosa 2NvS segment in bread wheat: cytology, genomics and breeding », *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 134 (2021), p. 529-542.
<https://doi.org/10.1007/s00122-020-03712-y> (en anglais)
- SARI, E. et coll. « Historic recombination in a durum wheat breeding panel enables high-resolution mapping of *Fusarium* head blight resistance quantitative trait loci », *Scientific Reports*, vol. 10 (2020), article no 7567
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-64399-1> (en anglais)
- WALKOWIAK, S., O. ROWLAND, N. RODRIGUE, et R. SUBRAMANIAM. « Whole genome sequencing and comparative genomics of closely related *Fusarium* head blight fungi: *Fusarium graminearum*, *F. meridionale* and *F. asiaticum* », *BMC Genomics*, vol. 17 (2016), article no 1014.
<https://doi.org/10.1186/s12864-016-3371-1> (en anglais)
- WALKOWIAK, S. et coll. « 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)

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme

Sean Walkowiak, Ph. D.

Biologiste

Niradha Withana Gamage

Technicienne

Janice Bamforth



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

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

Réduire les concentrations de mycotoxines dans l'avoine

L'avoine, à l'instar d'autres céréales, peut être infectée par des mycètes produisant des mycotoxines qui, une fois ingérées par les humains et les animaux, peuvent nuire à la santé. En trouvant des moyens d'éliminer les mycotoxines de l'avoine et d'autres céréales, nous pouvons les rendre propres à la consommation. L'équipe du programme d'Analyse de substances organiques et d'éléments à l'état de trace travaille avec l'avoine pour découvrir où se trouve les mycotoxines, comment réduire leur concentration, et comment mieux les mesurer. Chaque maillon de la chaîne de manutention des grains, de la ferme à l'exportation, a un rôle à jouer pour veiller à ce que les grains canadiens répondent aux normes élevées de salubrité alimentaire.

Première étude pluriannuelle sur les mycotoxines dans l'avoine canadienne

Nous avons mené la première étude pluriannuelle sur les mycotoxines et l'ergostérol, composé qui indique la présence de mycètes, dans l'avoine canadienne. Les travaux antérieurs sur l'avoine ne portaient que sur une année ou sur une région productrice très restreinte. En ayant accès à du matériel recueilli dans le cadre du Programme d'échantillons de récolte et en collaborant étroitement avec le programme Mouture et maltage – Recherche sur l'orge et d'autres grains à la Commission canadienne des grains, la Prairie Oat Growers Association, et des manutentionnaires et transformateurs de grain, nous avons réussi à obtenir une perspective beaucoup plus large de la situation des mycotoxines dans l'avoine de l'Ouest canadien. Les échantillons de récolte envoyés par les producteurs ont été analysés, ainsi que des échantillons prélevés d'expéditions par voie ferroviaire et de livraisons par camion vers des installations de transformation de l'avoine.

Nous avons établi que sur 26 mycotoxines analysées, sept n'ont pas été détectées. Parmi les mycotoxines les plus fréquentes, on compte celles produites par le *Fusarium graminearum*, comme le désoxynivalénol (DON) et la culmorine, dont on a récemment fait état. Les mycotoxines produites par l'*Alternaria*, comme l'alternariol et la tentoxine, ont souvent été décelées dans les échantillons de récolte. Dans ces échantillons, la concentration de mycotoxines et d'ergostérol variait selon les années et les régions productrices. La concentration d'ergostérol ainsi que de mycotoxines produites par le *Fusarium* et l'*Alternaria* semblait augmenter de l'ouest vers l'est des Prairies et la province de Québec. L'ochratoxine A trouvée dans les échantillons prélevés des livraisons et des expéditions par voie ferroviaire présentait aussi des augmentations cycliques annuelles à la fin de l'été (figure 1). Tous les échantillons de livraison et d'expédition par voie ferroviaire présentaient une concentration de DON inférieure aux limites acceptées à l'échelle internationale, ce qui laisse croire que le réseau de manutention des grains en vrac dans l'Ouest canadien empêche que de fortes concentrations de mycotoxines contaminent la chaîne de manutention des grains. Il pourrait être nécessaire d'assurer une surveillance accrue et de mettre en place de meilleures mesures de gestion dans les années où la fusariose est plus prévalente.

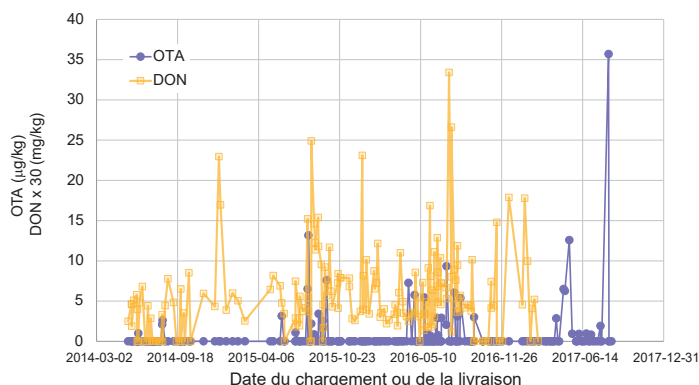


Figure 1 Variation annuelle de la concentration de désoxynivalénol (DON) et d'ochratoxine A (OTA) dans l'avoine livrée aux transformateurs et expédiée par voie ferroviaire.



Figure 2 Appareil de mesure de la taille des particules Ro-Tap utilisé pour séparer les particules de différentes tailles d'avoine moulue.

Veiller à ce que l'équipement de laboratoire donne des résultats exacts

Il est important pour nous d'appliquer des méthodes efficaces et systématiques lorsque nous mesurons la concentration de mycotoxines en laboratoire. Nous avons évalué la capacité de différents broyeurs de produire des petites particules d'avoine (figure 2) et avons examiné comment les techniques de sous-échantillonnage et les outils influencent la variabilité de la taille des particules. Nous avons établi que les méthodes de broyage ont une incidence sur l'analyse des mycotoxines. Il est préférable d'utiliser un équipement qui produit des particules de petite taille, comme le moulin broyeur à marteaux. Ce type de broyeur pulvérise les grains en les poussant à travers un tamis, contrairement aux appareils tels que les moulins à café et les robots culinaires (figure 3).

Réduire les concentrations de mycotoxines dans l'avoine par le traitement

Nous avons mené de la recherche pour mieux comprendre comment la concentration de mycotoxines dans l'avoine varie après chaque étape de traitement. Nous avons procédé au déglumage, au traitement à la vapeur et au séchage au four en laboratoire pour étudier comment ces étapes se répercutent sur la présence de mycètes et de mycotoxines. Nos études ont confirmé que les mycotoxines sont en grande partie associées à la bale et que le déglumage des grains entiers produit du gruaux duquel on a enlevé de 60 % à 100 % des mycotoxines (figure 4). Le traitement à la vapeur du gruaux a augmenté la biomasse fongique, mais nous n'avons pas observé de hausse de la concentration de mycotoxines, ce qui porte à penser que l'augmentation de la présence de mycètes était attribuable à des espèces qui ne produisent pas de mycotoxines. Il se peut aussi que les conditions produites par le traitement à la vapeur et le séchage au four ne favorisent pas la production de mycotoxines. De fait, le traitement à la vapeur et le séchage au four ont abaissé davantage la concentration de DON dans le gruaux, de 27 % en moyenne.

Le projet sur les mycotoxines dans l'avoine était un projet de collaboration financé par la Commission canadienne des grains, la Prairie Oat Growers Association, le ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan et l'accord bilatéral Canada-Saskatchewan dans le cadre de Cultivons l'avenir 2.



Figure 3 Quatre sacs d'avoine entière moulue à l'aide de moulins à café (à gauche) et quatre sacs d'avoine entière moulue à l'aide de broyeurs à marteaux munis d'un rotor (à droite).

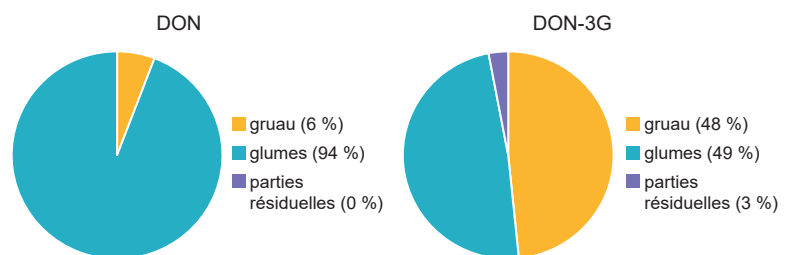


Figure 4 Répartition (fondée sur la masse) de désoxynivalénol (DON) et de désoxynivalénol-3-glucoside (DON-3G) dans différentes fractions d'avoine déglumée.

Travaux de recherche futurs

Nous examinons actuellement les effets du traitement sur la présence de résidus de pesticides dans divers grains et aliments à base de grains. Nous poursuivrons aussi notre surveillance des mycotoxines dans les grains exportés pour observer si leur présence varie au fil du temps.

Bibliographie

TITTELMIER, 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 (2019), p. 103-114. <https://doi.org/10.1007/s12550-019-00373-9> (en anglais)

TITTELMIER, 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 (2020), p. 45-56. <https://doi.org/10.3920/WMJ2019.2530> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheuse et gestionnaire de programme
Sheryl Tittlemier, Ph. D.

Chimistes
Jules Carlson
Anja Richter
Kerri Pleskach

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



Recherche et surveillance en matière d'identification des variétés

Daniel Perry, Ph. D.

daniel.perry@grainscanada.gc.ca

Maintien de la confiance à l'égard de la qualité du blé canadien

Le programme de Recherche et surveillance en matière d'identification des variétés joue un rôle clé en veillant à ce que les clients aient confiance en la qualité du blé canadien. Chaque classe de blé meunier est définie par un ensemble de caractéristiques principalement fondées sur le rendement des produits d'utilisation finale. Toutes les variétés d'une classe partagent les mêmes propriétés d'utilisation finale. En confirmant que les bonnes variétés sont présentes dans les cargaisons, nous offrons la garantie que chaque classe de blé aura une performance constante et que les attentes des clients seront comblées.

Changements au chapitre des variétés de blé

La surveillance des cargaisons de blé est difficile, car les variétés cultivées changent constamment. En effet, les producteurs ont accès à des options nouvelles et plus performantes. Au Canada, les règles d'enregistrement des variétés, qui sont strictes, veillent à ce que les nouvelles variétés satisfassent ou dépassent les exigences de qualité d'utilisation finale. Les nouvelles variétés de blé examinées à des fins d'enregistrement sont évaluées par rapport à certains points de référence dans le but de déterminer leur pertinence pour une classe de blé meunier donnée.

La classe Blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS) est la plus répandue au Canada, mais les variétés de blé CWRS prédominantes cultivées aujourd'hui sont pratiquement toutes différentes des variétés cultivées il y a juste quelques années (figure 1). Ce changement résulte notamment de l'initiative de modernisation des classes de blé de la Commission canadienne des grains. À la suite de ce projet, les paramètres de qualité du blé CWRS sont devenus plus stricts, et les 25 variétés qui ne répondaient pas aux nouvelles exigences ont été déplacées dans la classe Blé de force rouge du Nord canadien (CNHR) en 2018. Cependant, même dans

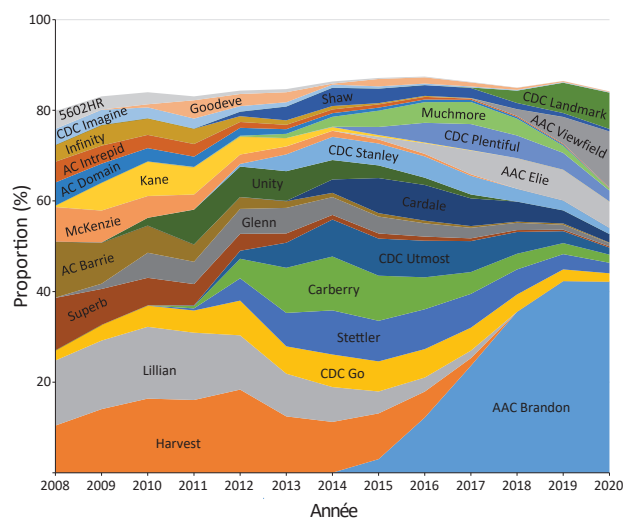


Figure 1 Superficies consacrées aux variétés les plus répandues de blé roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS), en proportion des superficies totales de blé CWRS assurées au Manitoba, en Saskatchewan et en Alberta.

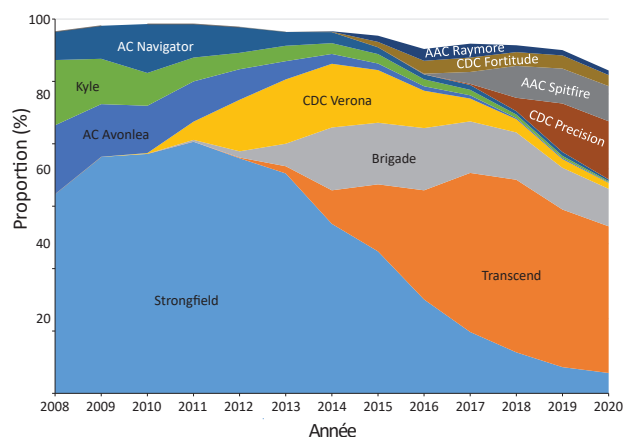


Figure 2 Superficies consacrées aux variétés les plus répandues de blé dur ambré de l'Ouest canadien (CWAD), en proportion des superficies totales de blé CWAD assurées au Manitoba, en Saskatchewan et en Alberta.

des circonstances normales et dans la même période, nous pouvions nous attendre à un roulement des variétés. On le constate dans le pourcentage de superficies consacrées aux variétés appartenant à la classe Blé dur ambré de l'Ouest canadien (CWAD) au cours de la même période (figure 2). Les variétés de blé CWAD prédominantes cultivées aujourd'hui sont presque toutes différentes de celles cultivées il y a 12 ans, même si la classe CWAD n'a pas été touchée par la modernisation des classes de blé.

Il y a aussi eu une grande augmentation du nombre de variétés admissibles à la livraison dans ces classes depuis 2008. Même après le retrait de 25 variétés de la classe CWRS, le nombre de variétés assignées à cette classe est passé de 55 à 100. De même, la classe CWAD a connu une hausse et est passée de 15 variétés admissibles à 38. Le nombre total de variétés de blé, dont le blé dur, assignées aux classes de blé de l'Ouest canadien a plus que doublé depuis 2008, et est passé de 124 à 283 (figure 3).

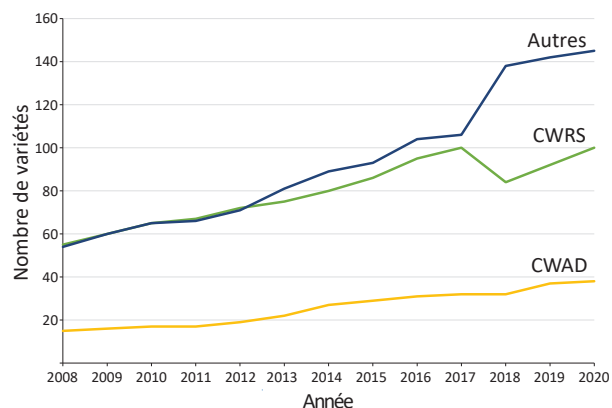


Figure 3 Nombre de variétés admissibles à des classes de blé de l'Ouest canadien.

Surveillance des variétés et technologie de l'ADN

Comment les mélanges de variétés, qui changent constamment, influencent-ils la surveillance des variétés? Il nous faut utiliser une technologie permettant de distinguer chaque nouvelle variété à mesure qu'elle se présente. Nous avons mis au point des méthodes faisant appel à la technologie de l'ADN OpenArray qui nous permet d'examiner le code génétique de grains de blé individuels. Nous pouvons examiner 32 positions différentes de chromosomes, ou marqueurs génétiques, et chercher les différences de séquence des bases de l'ADN. Il est très peu probable que le profil d'ADN de ces marqueurs génétiques d'une nouvelle variété de blé soit identique à celui d'une variété existante, à moins que les deux variétés soient étroitement apparentées. Si deux variétés présentent le même profil d'ADN et qu'il est nécessaire de les distinguer, nous devons chercher des différences à d'autres positions à l'aide du séquençage de l'ADN ou d'autres types d'analyses de l'ADN.

Nous mettons régulièrement à jour notre base de données de référence sur les profils d'ADN, mais il faut des échantillons de référence fiables pour garantir que toutes les variétés soient correctement représentées. Nous comptons sur les sélectionneurs et leurs agents pour obtenir des échantillons de grain à mesure que les nouvelles variétés sont enregistrées.

Travaux de recherche futurs

Les variétés de blé cultivées par les producteurs canadiens continueront de changer à mesure que des améliorations seront apportées sur le plan des caractéristiques agronomiques et de la résistance aux maladies. Notre technologie d'identification est pertinente pour nous adapter à ces changements et nous permettra de surveiller efficacement les cargaisons en vue d'y repérer des blés d'autres classes et des variétés non admissibles dans un futur rapproché.



Bibliographie

PERRY, D.J. et S.J. LEE. « Identification of Canadian wheat varieties using OpenArray genotyping technology », *Journal of Cereal Science*, vol. 65 (2015), p. 267-276.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.08.002> (en anglais)

PERRY, D.J. et S.J. LEE. « Durum wheat variety identification by OpenArray analysis », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 97, no 3 (2017), p. 403-407.
<https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/cjps-2016-0300> (en anglais)

Membres de l'équipe

Chercheur et gestionnaire de programme
 Daniel Perry, Ph. D.

Biologiste
 Sung-Jong Lee

Techniciens
 Mathieu Dusabenyagasani
 Danny Saydak
 James Singer

