



Volume 5, numéro 1, 2014

Innovation Express

Nouvelles scientifiques et technologiques d'Agriculture et Agroalimentaire Canada

La génomique au secours de la demande alimentaire mondiale

La génomique, l'étude des séquences d'ADN et des fonctions des gènes et de leurs interactions complexes, est aujourd'hui un important domaine de recherche dans le secteur de l'agriculture, de l'agroalimentaire et des produits agro-industriels. Les connaissances et les outils acquis par les recherches sur la génomique depuis une dizaine d'années permettent aujourd'hui aux scientifiques de mieux comprendre les fonctions élémentaires des végétaux et des animaux, de trouver les gènes responsables de certains caractères et de concevoir et d'appliquer des marqueurs moléculaires. En définitive, ces recherches accéléreront la mise au point de nouveaux matériels génétiques, accroîtront les rendements cultureux et entraîneront la création de nouveaux produits qui répondent aux exigences des consommateurs.

À l'échelle planétaire, la plupart des recherches sur la génomique des cultures ont ciblé à peine quelques grandes espèces, en particulier le maïs et le soja. Même si les recherches canadiennes ont porté sur nos principales cultures – le canola et le blé – un nombre croissant d'espèces végétales sont étudiées à l'aide des outils de la génomique. Aujourd'hui, les gènes de plus d'une douzaine de plantes cultivées au Canada ont été séquencés. Les bovins de boucherie et les bovins laitiers ont également été au cœur d'importantes recherches en génomique.

Depuis 10 ans, le gouvernement du Canada a versé près de 1 milliard de dollars à Génome Canada pour appuyer des recherches en génomique à grande échelle dans divers secteurs comme l'agriculture, la santé humaine, les pêches et les forêts. De plus, entre 1999 et 2014, en vertu de l'[Initiative de recherche et](#)

[développement en génomique](#) (IRDG), le gouvernement aura investi plus de 353 millions de dollars dans les laboratoires fédéraux de sept ministères et organismes pour les recherches en génomique.

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) participe à l'IRDG depuis sa création et a alloué sa part du financement de la recherche à la production alimentaire durable, aux bioproduits et à la gestion des maladies invasives et justiciables de quarantaine et des insectes nuisibles.

AAC a aussi investi des fonds supplémentaires à même son propre budget de recherche pour resserrer les collaborations avec les scientifiques qui travaillent pour Génome Canada et à même le Programme Agri-innovation de *Cultivons l'avenir 2* pour financer les travaux de collaboration avec l'industrie sur l'amélioration des cultures grâce aux connaissances et aux outils de la génomique.

Il s'agit d'une période importante pour la recherche en génomique, avec maintes possibilités pour le Canada d'exceller dans l'application de la génomique dans le secteur de l'agriculture, de l'agroalimentaire et des produits agro industriels. Nous espérons que vous apprécierez la lecture de certains projets de génomique qui se déroulent dans les laboratoires d'AAC partout au Canada dans ce numéro de Innovation Express. Merci à l'[IRDG](#) d'avoir fourni certains de ces articles.

[Siddika Mithani, Ph. D., sous-ministre adjointe, et Gilles Saindon, Ph. D., sous-ministre adjoint délégué](#)
Direction générale des sciences et de la technologie
Agriculture et Agroalimentaire Canada

À l'intérieur

- La génomique – la clé pour comprendre la fusariose de l'épi..... p.2
- Prochainement : le premier blé d'hiver résistant à la fusariose à la fusariose du Canada..... p.4
- L'Alliance canadienne du blé revalorise l'industrie canadienne du blé... p.4
- Récolte des fruits du lin..... p.5

- La cartographie du génome du haricot permet de conquérir de nouveaux marchésp.6
- Un pathogène du soja brise la loi de la génétiquep.7
- Comment aider les cultures à fabriquer leur propre engrais ...p.8
- Les codes-barres d'ADN permettent de distinguer les bons des mauvaisp.9
- Recherche CORE sur le génome de l'avoine..... p.10
- Le point sur les grappes agroscofiquesp.11



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada



La génomique – la clé pour comprendre la fusariose de l'épi

Les scientifiques d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) jouent un rôle clé dans un projet international visant à lutter contre une menace croissante qui plane sur les producteurs de blé au Canada, aux États-Unis et dans le monde entier – *Fusarium graminearum*, le champignon qui provoque la fusariose de l'épi. Cette maladie rend le blé impropre à la consommation humaine ou animale et passe aujourd'hui pour le problème le plus important auquel sont confrontés les producteurs de blé canadiens.

Depuis 20 ans, les scientifiques se concentrent sur la mise au point de cultivars de blé qui résistent à la maladie; toutefois, ils s'attaquent à ce problème sous plusieurs angles différents.

Les scientifiques d'AAC qui réalisent des projets de génomique sur la fusariose de l'épi financés par [l'Initiative de recherche et développement en génomique](#) (IRDG) du gouvernement du Canada ont acquis une meilleure compréhension de la façon dont le champignon contamine le plant de blé, en produisant des toxines nuisibles, et ils ont contribué à identifier des éléments du génome du blé qui jouent un rôle dans la résistance à la fusariose.

Banque de gènes de *Fusarium*

Les chercheuses scientifiques, Linda Harris et Thérèse Ouellet, et leurs équipes du [Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux](#) à Ottawa (Ontario), ont aidé à identifier et à localiser quantité de gènes nouveaux qui font partie du génome du champignon qui est à l'origine de la fusariose de l'épi. Leurs travaux ont abouti au séquençage le plus complet et le plus exact du génome, ce qui est une condition préalable indispensable pour qui veut comprendre la façon dont la maladie contamine la plante.

« En 1999, quand a été lancée l'initiative de financement de l'IRDG, le génome de *Fusarium graminearum* était tout simplement une boîte noire – nous connaissons la fonction de quelques très rares gènes », déclare Linda Harris. « Nous avons réussi à constituer une vaste banque de gènes et à décrire leur fonctionnement dans diverses conditions. À partir de là, nous avons pu effectuer la séquence annotée du génome, en rectifiant un certain nombre d'erreurs causées par l'appellation automatisée des gènes que l'on faisait par le passé. »

M^{me} Harris, aux côtés de M. Gopal Subramaniam et d'autres collègues d'AAC à Ottawa, a également identifié certains gènes

qu'utilise le champignon pour produire un certain nombre de mycotoxines différentes, et a déterminé quand ils sont produits et dans quelles conditions.

M^{me} Harris précise qu'il reste beaucoup de travail à faire.

« L'identification des gènes qui produisent les mycotoxines n'est qu'un morceau du casse-tête », affirme-t-elle. « Nous devons également identifier les gènes qui disent aux gènes producteurs de mycotoxines quand aller au travail, et ce qui les incite à donner cet ordre. »

Identification de variétés de blé résistant à la maladie

Les scientifiques d'AAC utilisent les outils de la génomique pour éliminer une partie des conjectures de la sélection génétique du blé et raccourcir le délai qu'il faut pour mettre au point et tester de nouvelles variétés de blé résistant à la fusariose de l'épi, comme ACTM Emerson. Ces recherches, dirigées pour commencer par Daryl Somers, Ph.D., du [Centre de recherches sur les céréales](#) de Winnipeg, ont pris de l'ampleur et sont désormais dirigées par Curt McCartney, Ph.D., de Winnipeg et Thérèse Ouellet, Ph.D., du Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux.

D'emblée, les recherches ont cherché à identifier les « marqueurs génétiques » de la résistance à la fusariose – soit des indicateurs qui signalent des parties spécifiques de la structure génétique des variétés résistant à la fusariose qui protègent contre la maladie.

La tâche n'est pas facile. Le génome du blé est d'une complexité exceptionnelle – cinq fois plus complexe que le génome humain – et il n'a pas encore fait l'objet d'un séquençage complet. Et pourtant, M. Somers et son équipe ont réussi à identifier quatre éléments génétiques spécifiques qui semblent jouer un rôle dans la résistance à la fusariose.

Les sélectionneurs peuvent désormais suivre une approche plus logique. Une fois que deux variétés ont été croisées, ils peuvent rechercher ces marqueurs dans la structure génétique des générations successives de plantes. S'ils en sont absents, les chercheurs savent alors qu'il est inutile de poursuivre les essais sur ces plantes en particulier.

« Avec les techniques traditionnelles de sélection, on finit par gaspiller beaucoup de temps à cultiver et à étudier des plantes qui seront vulnérables à la maladie », affirme M. McCartney.



« Grâce aux techniques de sélection à l'aide de marqueurs conçues par des recherches comme celles que dirige M. Somers – soit des travaux dont M^{me} Ouellet et moi-même nous inspirons –, il est possible d'identifier très vite et d'écarter les plantes qui ne donneront vraisemblablement pas de résultats concluants, et de consacrer plus de temps à l'étude des plantes qui vous intéressent. »

Les recherches de M^{me} Ouellet ont pour but de mieux comprendre les fondements génétiques de la résistance à la fusariose. Selon M^{me} Ouellet, « il est indispensable de savoir quels éléments génétiques contribuent à la résistance de la plante à la fusariose. » « Mais si nous arrivons à comprendre la façon dont fonctionnent ces éléments – notamment quelle combinaison d'éléments dans la plante offre la meilleure résistance par exemple –, nous ajouterons un nouvel élément stratégique aux efforts de sélection. »

Les recherches menées par M. McCartney et M^{me} Ouellet, financées à l'origine par l'IRDG, sont désormais subventionnées par le programme national d'amélioration du blé, qui est cofinancé par AAC, des associations de producteurs et des partenaires du secteur privé pour reconnaître la valeur de ces recherches pour le secteur.

M^{me} Ouellet et M. McCartney n'hésitent pas à partager le mérite de leurs réalisations avec les nombreux autres chercheurs, en particulier les sélectionneurs, qui contribuent à leurs projets depuis un certain nombre d'années, de même qu'avec leurs collaborateurs en Allemagne, en France, aux États-Unis et dans d'autres pays. « C'est l'un des avantages de l'IRDG que l'on néglige parfois », affirme M^{me} Ouellet. « L'IRDG a doté le Canada de la capacité de contribuer aux percées de la génomique dans le monde entier – et étant donné que nous pouvons apporter une contribution, nous pouvons également tirer parti des percées opérées par d'autres. »



Rob Graf, Ph.D. et AC Emerson^{MC} blé d'hiver

LE SAVIEZ-VOUS?

- Avec les techniques traditionnelles de sélection du blé, il peut falloir jusqu'à 15 ans pour savoir si une nouvelle variété présente un potentiel commercial. L'utilisation de pépinières d'hiver et de technologies comme les haploïdes doublés a permis de ramener ce délai à environ huit ans. La sélection à l'aide de marqueurs est également susceptible de réduire ce délai à cinq ans.
- Les exportations de blé du Canada génèrent pour près de 5,4 milliards de dollars de recettes chaque année, ce qui fait du blé l'exportation agricole la plus précieuse du Canada.
- Le taux d'infection à la fusariose continue d'augmenter au Canada et ailleurs. En dehors de son incidence sur les approvisionnements alimentaires, on estime que la fusariose a coûté aux producteurs de blé du Canada plus de 1,5 milliard de dollars de revenus perdus depuis le milieu des années 1990.
- Les cultivars de blé d'hiver résistant à la fusariose, comme AC Morley et FT Wonder, mis au point par des scientifiques à Ottawa, sont produits commercialement dans l'Est du Canada depuis plusieurs années.
- Carberry et Waskada, mis au point par des scientifiques de Swift Current et de Winnipeg, sont parmi les premières variétés canadiennes de blé de force roux de printemps possédant une bonne résistance à la fusariose.



Prochainement : le premier blé d'hiver résistant à la fusariose du Canada

Une nouvelle variété de blé, attendue l'automne prochain, est la première variété de blé canadienne homologuée et cotée « R » (résistant) à la fusariose de l'épi, champignon qui peut avoir des effets dévastateurs sur les récoltes. Cette nouvelle variété, appelée AC^{MC} Emerson, sera offerte chez Canterra Seeds en 2014.

M. Rob Graf, Ph.D. et son équipe du [Centre de recherches de Lethbridge](#) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada en Alberta ont conçu AC^{MC} Emerson, qui résiste également à la rouille de la tige, à la rouille brune et à la rouille jaune. Avec un bon taux de survie à l'hiver, une maturité modérée et une forte paille de hauteur moyenne, AC^{MC} Emerson a également une concentration de protéines supérieure de 1 % et de meilleures caractéristiques meunières que les variétés actuelles cultivées dans les Prairies.

Les essais d'homologation ont révélé que ce cultivar est particulièrement bien adapté à la région des Prairies de l'Est du Manitoba et de l'Est de la Saskatchewan, où son rendement est analogue à celui des variétés actuellement dominantes, soit CDC Falcon et CDC Buteo, puisque son rendement équivalait à 100 % du CDC Falcon dans l'Est de la Saskatchewan et du Manitoba. Ces caractéristiques présentent un intérêt particulier pour les céréaliculteurs de la vallée de la rivière Rouge du Manitoba, pour qui la fusariose de l'épi du blé est une préoccupation majeure.

La coïncidence de l'arrivée de la variété ACTM Emerson sur la scène du blé d'hiver n'est pas non plus sans importance pour les producteurs qui cherchent à remplacer CDC Falcon, variété privilégiée depuis longtemps qui sera déplacée vers la classe de blé d'utilité générale de l'Ouest canadien « blé fourrager et blé destiné à la fabrication d'éthanol » le 1^{er} août 2014.

M. Graf se félicite de l'intérêt suscité par la nouvelle variété. « Emerson est un bon exemple des travaux de recherche réalisés à AAC. Ces travaux pourraient permettre d'améliorer la salubrité des aliments destinés à la consommation humaine et animale, réduire l'utilisation de fongicides foliaires, réduire les coûts de production, multiplier les débouchés et améliorer la durabilité de l'agriculture. »

LE SAVIEZ-VOUS?

- La variété AC^{MC} Emerson rejoint les rangs de AC Flourish et AAC Gateway, deux autres remplaçants du CDC Falcon que M. Graf et son équipe ont homologués au cours des trois dernières années.

L'Alliance canadienne du blé revalorise l'industrie canadienne du blé

L'[Alliance canadienne du blé](#) (ACB) symbolise l'engagement de longue haleine sans précédent du gouvernement et des partenaires du secteur privé d'assurer la croissance du secteur du blé. Le partenariat entre le Conseil national de recherches du Canada (CNRC), Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), l'Université de la Saskatchewan et la province de Saskatchewan en vertu de l'initiative de recherche phare du CNRC financera et promouvra les recherches visant à rehausser la rentabilité de l'industrie canadienne du blé.

Chaque membre apporte son propre savoir-faire à l'ACB pour une approche coordonnée visant à améliorer la qualité du blé et à permettre au Canada de maintenir une longueur d'avance sur le marché mondial. À l'heure actuelle, 86 % du blé cultivé dans les Prairies canadiennes est issu de variétés mises au point à AAC et à l'Université de la Saskatchewan.

Grâce au financement de cette initiative à hauteur de 97 millions de dollars au cours des cinq premières années, l'ACB entend coordonner les recherches sur la sélection du blé, la génomique, la biotechnologie et la pathologie. Ces recherches aideront les scientifiques à mettre au point des variétés de blé nouvelles et améliorées qui résistent à la maladie, qui tolèrent mieux les stress dus à la sécheresse, à la chaleur et au froid, qui ont besoin d'une moindre quantité d'engrais azotés et qui donnent des rendements accrus.

Le blé est l'un des aliments de base les plus prisés du monde, derrière le riz. En tant que l'un des principaux pays exportateurs de blé du monde, le Canada doit sensiblement accroître sa production pour tirer parti de l'augmentation de la demande mondiale attribuable à la croissance de la population de la planète et à la multiplication par deux prévue des échanges mondiaux de blé d'ici à 2050. L'Alliance canadienne du blé doit assurer la compétitivité mondiale des producteurs de blé canadiens et majorer la valeur du blé à la ferme d'un total cumulatif de 4,5 milliards de dollars d'ici 2031.



LE SAVIEZ-VOUS?

- Les graines de lin ne sont pas juste une excellente source végétale d'acide gras oméga-3. Les graines et les fibres servent à créer de nombreux produits respectueux de l'environnement.
- L'huile de lin est un substitut des solvants à base de pétrole utilisés dans un vaste éventail de peintures, de teintures et d'autres revêtements. C'est également la principale matière première des sols en linoléum.
- Les fibres de tige de lin peuvent servir à produire des matériaux isolants pour les maisons et les portières de voiture. Elles peuvent également servir à fabriquer des buches et des granulés de bois de chauffage, ou des matériaux de litière pour les animaux.

Récolte des fruits du lin

Depuis 10 ans, la vogue du lin comme source d'alimentation, d'aliments pour le bétail, de fibres et de matériaux biodégradables connaît une hausse considérable. Le lin est devenu une importante culture polyvalente que l'on récolte autant pour ses tiges que pour ses graines. En sa qualité de premier pays mondial producteur et exportateur de graines de lin, le Canada est bien placé pour conquérir de nouveaux marchés et trouver de nouvelles utilisations à cette culture polyvalente.

Les scientifiques d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et de l'Université de la Saskatchewan codirigent un projet national de génomique d'une valeur de 11,8 millions de dollars qui a pour nom Total Utilization Flax GENomics (TUFGEN), financé par Génome Canada et des intervenants de l'industrie.

Selon Sylvie Cloutier, Ph. D., coresponsable du projet et spécialiste de la génétique moléculaire au [Centre de recherches sur les céréales](#) d'AAC à Winnipeg (Manitoba), le projet a pour but de mettre au point des ressources axées sur la génomique pour faciliter la phytosélection, améliorer le rendement au champ et renforcer les caractères des semences et des fibres afin d'améliorer et de renforcer l'utilité, les avantages et la polyvalence du lin.

« Il y a une équipe d'experts au Canada qui travaillent à divers paramètres de ce projet », affirme M^{me} Cloutier. « Certains constituent des ressources pour la découverte de gènes, établissent des cartes génétiques et physiques qui précisent la position et la relation des gènes sur les chromosomes. D'autres s'occupent de l'analyse et de la gestion des données, et d'autres encore mettent au point des logiciels pour préserver et interroger les nouvelles données. Sous l'ombrelle de TUFGEN, on insiste sur la génomique appliquée, et la caractérisation des lignées a reçu autant d'attention au champ qu'au laboratoire. »

Les enquêteurs de l'équipe TUFGEN ont séquencé le génome du lin, le premier et unique génome végétal à être séquencé exclusivement par une équipe canadienne et le douzième génome végétal à être séquencé dans le monde. Depuis, ils ont à nouveau séquencé les génomes de plus de 700 lignées de lin.

L'équipe a déjà créé un réseau de gènes de lin de forte densité qui est utilisé par de nombreuses équipes de chercheurs internationales et qui est en passe de mettre au point de nouvelles techniques « de génotypage par séquençage » pour rapidement évaluer les lignées de sélection et accélérer les gains de sélection, en particulier sur le plan du rendement.

Gordon Rowland, Ph. D., responsable du projet à l'Université de la Saskatchewan, explique de quelle façon les résultats sont transmis à l'industrie. « La découverte de six nouveaux cyclolinopeptides (CLP) et de leurs séquences géniques correspondantes par les scientifiques de TUFGEN a abouti à la création d'une nouvelle entreprise canadienne, Prairie Tide Chemicals Inc. Cette entreprise utilise ces CLP, connus pour leur activité immunosuppressive, pour mettre au point de nouveaux produits destinés à l'industrie pharmaceutique. »

Prairie Tide Chemicals Inc. a reçu plus de 200 000 \$ de fonds du Programme d'innovation agricole d'AAC en mars 2013 pour récupérer les peptides bioactifs et les tester sur le plan de la sécurité d'utilisation dans les produits pharmaceutiques et nutraceutiques. À plus long terme, la mise au point de peptides bioactifs sécuritaires pourrait créer des débouchés dans le secteur pharmaceutique et contribuer à transformer un produit de déchet en ingrédient bioactif de grande valeur qui sera utilisé dans les produits de consommation.

« Le temps et le coût qu'il faut pour séquencer tout un génome ne sont qu'une fraction de ce qu'ils étaient il y a 10 ans », affirme M. Rowland. « Le domaine de la génomique est susceptible de propulser en avant les recherches sur le lin et de créer des possibilités de percées inimaginables il y a encore peu de temps. »



La cartographie du génome du haricot permet de conquérir de nouveaux marchés

Les haricots sont parmi les légumineuses alimentaires les plus importantes du monde en raison de leur forte teneur en protéines, en fibres, en glucides complexes et en vitamines. Toutefois, en dépit de leur grande valeur nutritive, il existe très peu de données sur leur génomique pour les rendre plus résistants à la maladie, plus sains et plus polyvalents. Les scientifiques du projet *Applied Bean Genomics and Bioproducts Project* www.beangenomics.ca s'emploient à modifier la situation et, en cours de route, ils découvrent une foule de débouchés dans les domaines de l'agriculture, de la santé et des affaires.

Ce projet qui se déroule en Ontario est un projet de collaboration entre les scientifiques d'AAC ([Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles de Harrow](#); [Centre de recherches du Sud sur la phytoprotection et les aliments de London](#), et [Centre de recherches sur les aliments de Guelph](#)) et les chercheurs de l'Université de Guelph, de l'Université de Western Ontario et de l'Université de Windsor. Ce projet est financé par un certain nombre de partenaires du secteur privé, notamment la Commission ontarienne de commercialisation des haricots, les Producteurs ontariens de haricots colorés, SeCan et la Coopérative du district de Hensall.

L'équipe de recherche s'occupe de séquencer tout le génome du haricot – ce qui n'a jamais été fait au Canada jusqu'ici. Les données sur le séquençage de l'ADN qui en découleront serviront à concevoir des marqueurs moléculaires afin d'améliorer la résistance à la maladie, de renforcer les propriétés sanitaires et de créer des applications de bioproduits pour les protéines de haricots secs.

Dans l'ensemble, ces travaux rehausseront la rentabilité des producteurs grâce à la mise au point de variétés de haricots qui résistent mieux à la maladie et qui réduisent donc les pertes culturales, à la mise au point de haricots plus sains pour les consommateurs et à la découverte de nouvelles utilisations des haricots comme bioproduits.

La brûlure bactérienne commune, qui est une maladie dévastatrice des haricots secs, peut entraîner des pertes de rendement atteignant 40 %. Le séquençage du génome du haricot sec permettra aux scientifiques de concevoir de nouveaux outils qui contribueront à très nettement améliorer l'efficacité de la sélection des haricots afin de mettre au point de nouvelles variétés possédant une meilleure résistance à la maladie. L'utilisation de cultivars résistants passe pour la manière la plus respectueuse

de l'environnement de lutter contre les maladies des végétaux et devrait se traduire par des retombées économiques pour le secteur.

Un autre axe de recherche prometteur réside dans les phénylpropanoïdes — composés qui jouent un rôle dans de nombreux procédés clés comme les mécanismes de développement et de défense des végétaux et qui influent sur des qualités des végétaux comme la texture, la saveur, la couleur et les propriétés de transformation. En sachant plus long sur le cheminement des phénylpropanoïdes dans les haricots, les scientifiques auront accès à de nombreux composés présentant des propriétés nutraceutiques précieuses. Étant donné que les haricots ont une teneur naturelle faible en matières grasses et sont une source de glucides à index glycémique bas, le fait d'accroître les concentrations d'antioxydants naturels dans les haricots en augmentera l'attrait auprès des consommateurs.

Les applications de bioproduits nouveaux promettent de créer de nouveaux débouchés passionnants à bien des niveaux. Contrairement aux protéines du soja ou du blé, les films à base de protéines qui peuvent être conçus à partir de différents types de haricots ne sont pas allergènes. Qui plus est, ils sont biodégradables et on peut les extraire de manière durable des haricots mis de côté durant les opérations de nettoyage. Ces films à base de protéines peuvent également être utilisés dans les emballages pour aliments et se dissolvent dans l'eau bouillante (p. ex. les soupes sèches, le sucre, les emballages saveur), de même que dans les bandages et les capsules.

LE SAVIEZ-VOUS?

- Les scientifiques du Centre de recherches d'AAC à Harrow ont mis au point 25 nouveaux cultivars de haricot depuis les années 1980, contribuant ainsi à diversifier la culture des haricots en Ontario. Ces recherches ont contribué à ouvrir et à élargir de nouveaux marchés à l'échelle nationale et internationale.
- Chaque année, 18 millions de tonnes de haricots secs sont produits dans le monde entier, dont la valeur économique est estimée à 11 milliards de dollars US. En Ontario, on cultive des haricots sur plus de 150 000 acres, et leur valeur annuelle est d'environ 100 millions de dollars.



Un pathogène du soja brise la loi de la génétique

Les scientifiques d'Agriculture et Agroalimentaire Canada ont découvert qu'un pathogène commun du soja, *Phytophthora sojae*, qui provoque le pourridié du soja, brise les lois de Mendel sur l'hérédité.

Grâce au financement de l'[Initiative de recherche et développement en génomique](#) (IRDG) du gouvernement du Canada, une équipe de chercheurs d'AAC sous la direction de Mark Gijzen, Ph.D., a fait une découverte inusitée qui a jeté une lumière nouvelle sur la capacité du pathogène à venir à bout de la résistance du végétal et à survivre. Les traits de virulence sont transmis, mais pas par les voies normales de l'hérédité de Mendel, soit des organismes parents à la progéniture. Le pathogène utilise un mécanisme appelé silençage génique transgénérationnel pour transmettre des caractères qui lui permettent de contaminer et de tuer les plants de soja. Une communication sur cette révélation a été publiée dans la revue scientifique [Nature Communications](#).

Cette découverte est le fruit de recherches sur les méthodes visant à détecter, à surveiller et à maîtriser *P. sojae* menées dans le cadre d'une initiative conjointe entre des chercheurs d'AAC et le Centre de recherches du Sud sur la phytoprotection et les aliments de London (Ontario), des scientifiques de l'Université d'État de l'Oregon et des chercheurs de l'Université agricole de Nanjing en Chine. L'objectif ultime est de mettre au point des méthodes plus ciblées de gestion et de lutte contre le pourridié du soja. Étant donné que le soja est l'une des cultures alimentaires les plus importantes du monde et qu'il est éminemment vulnérable au pourridié, les retombées de ces recherches se feront sentir par les producteurs et l'industrie du soja dans le monde entier.

« Il s'agit d'un phénomène extrêmement inhabituel qui n'a jamais été constaté auparavant », affirme M. Gijzen.

« Le silençage génique transgénérationnel est un phénomène épigénétique, ce qui signifie que l'unité d'hérédité n'est pas la séquence d'ADN du gène mais plutôt un autre facteur qui se propage de lui-même; en l'occurrence, nous pensons qu'il s'agit de petites molécules d'ARN. Cette percée aura des répercussions énormes qui influenceront sur l'évolution de ce pathogène et la façon dont nous le combattons », affirme M. Gijzen.

LE SAVIEZ-VOUS?

- Au Canada, on cultive du soja sur 1,5 million d'hectares en Ontario, au Manitoba, au Québec et à l'Île-du-Prince-Édouard.
- Le pourridié du soja provoque des dégâts importants qui équivalent à des pertes de production annuelles de 40 à 50 millions de dollars au Canada et de 1 à 2 milliards de dollars dans le monde entier.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada a apporté de précieuses contributions à l'étude de la maladie depuis qu'elle a été détectée pour la première fois dans le sud de l'Ontario dans les années 1950.

Les recherches génomiques de M. Gijzen sur le pathogène du pourridié du soja ont permis également de déceler de nombreux « facteurs d'avirulence » dans les génomes de certaines souches du pathogène. « Les facteurs d'avirulence sont importants car les gènes de résistance du soja ont appris à les utiliser pour déclencher des réponses immunitaires qui enrayerent la maladie – mais des mutations de ces facteurs d'avirulence peuvent permettre à *P. sojae* d'éviter d'être détecté par les gènes de résistance du soja et lui donner l'occasion d'infecter la plante. »

Grâce aux conclusions de M. Gijzen, on s'attend à ce qu'un nouveau test diagnostique soit vendu dans le commerce prochainement, ce qui permettra aux sélectionneurs de reconnaître au moins une souche de *P. sojae* dans le sol. D'autres tests visant à reconnaître d'autres souches devraient suivre ultérieurement.

« Ces tests peuvent être réalisés rapidement, au champ, avec des équipements peu coûteux », affirme M. Gijzen. « Sachant quels pathogènes se trouvent dans le sol – car nous en savons plus sur les gènes de la résistance du soja qu'ils arrivent à attaquer – les producteurs peuvent planter des cultivars de soja dotés d'un ensemble différent de gènes de résistance que le pathogène n'est sans doute pas en mesure d'attaquer avec succès. »



Comment aider les cultures à fabriquer leur propre engrais

Trouver un moyen de réduire ou d'éliminer le besoin d'engrais achetés sans abaisser la production agricole, tel est l'objectif d'un important projet scientifique mondial.

Krzysztof Szczygłowski, Ph. D., et son équipe du [Centre de recherches du Sud sur la phytoprotection et les aliments](#) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à London (Ontario) apportent de précieuses contributions à ce projet d'envergure mondiale. Grâce au financement de l'[Initiative de recherche et développement en génomique](#) (IRDG) du gouvernement du Canada, ces chercheurs ont découvert certains moyens de réduire ou d'éliminer le besoin d'engrais azotés. Essentiellement, ils s'évertuent à percer le secret qui se cache derrière la capacité de certains végétaux à se procurer l'azote dont ils ont besoin dans l'atmosphère avec pour objectif de transférer cette aptitude à d'autres végétaux. Leurs résultats ont déjà été publiés dans de prestigieuses revues comme *Nature* et *Science*.

L'azote, l'un des éléments constitutifs élémentaires de la vie, est un ingrédient clé dans les engrais, qui joue un rôle appréciable dans l'augmentation des rendements cultureux. Toutefois, les végétaux que l'on fertilise avec de l'azote consomment généralement moins de la moitié de l'azote épandu dans le sol. L'excès d'azote peut finir par polluer les cours d'eau et les rivières, et les engrais azotés sont une importante source d'oxyde nitreux, qui est un puissant gaz à effet de serre.

« Il existe environ 380 familles de plantes à fleurs sur la Terre », affirme M. Szczygłowski. « La quasi-totalité d'entre elles doivent se procurer l'azote dont elles ont besoin dans le sol. Mais il y a des membres d'environ 10 familles de plantes qui arrivent à fixer l'azote de l'atmosphère – il s'agit principalement de légumineuses, comme les pois, le soja et la luzerne. »

M. Szczygłowski et ses collègues d'AAC, travaillant en collaboration avec des chercheurs du Danemark et du Japon, ont opéré d'importantes percées dans la compréhension de la façon dont ces plantes parviennent à se procurer de l'azote dans l'atmosphère.

« Les végétaux que nous étudions peuvent en réalité agir par eux-mêmes », d'expliquer M. Szczygłowski. « Lorsqu'ils sentent qu'il n'y a pas suffisamment d'azote dans le sol, ces végétaux permettent à ce que l'on pourrait appeler les « bonnes bactéries du sol » de pénétrer dans leurs cellules racinaires. Une fois dans ces cellules, les bactéries fixent l'azote atmosphérique de sorte que la plante hôte peut assurer sa croissance et sa productivité. »

Ce rapport amical entre la plante et les bactéries est inusité, c'est le moins que l'on puisse dire, étant donné que les cellules vivantes sont dotées de mécanismes perfectionnés conçus expressément pour ne pas laisser entrer les bactéries.

Les analyses génétiques réalisées par M. Szczygłowski et son équipe ont permis de découvrir certaines parties de l'appareil génétique de la plante qui agissent comme une sorte de centre de commandement. Ce centre de commandement dit à d'autres gènes comment ils doivent agir pour reconnaître les bonnes bactéries, et le moment et la façon de les laisser pénétrer dans les cellules racinaires de la plante. L'équipe de M. Szczygłowski a également identifié le gène qui amorce un processus appelé morphogénèse des nodules racinaires – essentiellement, le processus par lequel les cellules racinaires évoluent pour accueillir les bactéries bénéfiques.

Ce qu'il y a sans doute de plus passionnant, c'est la découverte qu'au moins une partie du processus génétique qui permet l'interaction entre les légumineuses et les bactéries pour fixer l'azote de l'air est utilisée par de nombreux autres végétaux pour interagir avec des champignons bénéfiques et pour se procurer du phosphate, qui est un autre élément nutritif essentiel.

« Beaucoup d'autres recherches sont nécessaires, mais cette découverte nous conforte dans notre conviction qu'il est possible de transférer le processus de fixation de l'azote qu'utilisent les légumineuses à d'autres cultures alimentaires importantes », affirme M. Szczygłowski. « Les répercussions sont colossales – les pays développés seront en mesure de réduire leur consommation d'engrais azotés, alors que les pays plus pauvres, où les producteurs ne peuvent pas se permettre d'acheter des engrais commerciaux, pourront accroître leur production alimentaire. »

LE SAVIEZ-VOUS?

- Les plus de 7 500 résumés d'articles évalués par des pairs affichés sur le site Web d'AAC sont désormais reliés aux publications originales des revues scientifiques en ligne.
- Vous pouvez trouver un [scientifique](#) ou consulter la liste des [publications \(par année\)](#) et ouvrir la page du résumé en sélectionnant le titre souligné d'une publication évaluée par des pairs. Sur cette page, vous pouvez sélectionner « Accès au texte intégral ».

Les codes-barres d'ADN permettent de distinguer les bons des mauvais

Dans le cadre d'un projet financé par l'[Initiative de recherche et développement en génomique](#) du gouvernement du Canada, les chercheurs d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) utilisent un système de codes-barres d'ADN pour raccourcir le délai qu'il faut pour identifier avec précision des organismes nuisibles.

Les Canadiens de nombreuses régions du pays ne connaissent que trop bien les dégâts que peuvent causer certaines espèces exotiques envahissantes. Étant donné que ces envahisseurs n'ont que peu ou pas d'ennemis naturels, il est extrêmement difficile et coûteux d'en limiter la propagation. Bien que le meilleur moyen de défense contre ces ravageurs se trouve à la frontière, il n'est pas toujours facile de distinguer un nouvel arrivage potentiellement destructeur d'une espèce indigène parfaitement inoffensive. En plus d'aider à enrayer la propagation d'espèces exotiques potentiellement nuisibles au Canada, les recherches sur les codes-barres d'ADN dirigées par une équipe de chercheurs de différents ministères, aideront à protéger les exportations du Canada.

Comme l'explique M. André Lévesque, Ph. D., du [Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux](#) à Ottawa (Ontario), « Munis de ces données, nous pouvons donner la garantie à d'autres pays que les produits qu'ils nous achètent ne contiennent rien de nuisible. » « Nous arrivons à identifier rapidement les organismes ou les micro-organismes qui sont présents dans une expédition destinée à l'exportation et, s'ils sont susceptibles de causer un problème, à prendre des mesures pour gérer le moindre risque. »

« Toutefois, différentes espèces d'insectes peuvent se ressembler à s'y méprendre. Dans certains cas, il n'existe sans doute qu'une ou deux personnes dans tout le pays capable d'examiner l'insecte au microscope et de dire si un insecte tacheté particulier faisant partie d'un envoi de fruits provenant d'outre-mer est une espèce exotique ou une espèce indigène du Canada. »

Cette tâche est encore plus redoutable lorsqu'on a affaire à des pathogènes microscopiques. Selon M. Lévesque, il peut être

exceptionnellement difficile de distinguer ces pathogènes si tout ce dont vous disposez, ce sont des spores microscopiques. « Il peut falloir des jours pour déterminer si un pathogène découvert dans un envoi de denrées périssables représente une menace », ajoute-t-il. « Même si l'on s'aperçoit que le pathogène est inoffensif, il est sans doute trop tard pour récupérer la moindre valeur des marchandises. »

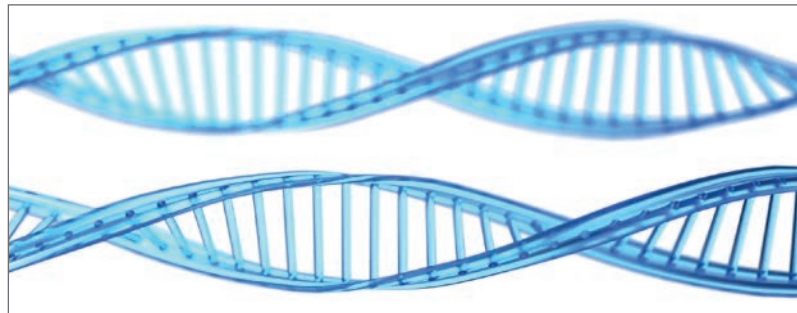
Aujourd'hui, les scientifiques peuvent effectuer le séquençage d'un petit fragment spécifique d'ADN d'un organisme en à peine 24 heures. Les nouvelles technologies qui pointent à l'horizon pourront encore raccourcir ce délai, ce qui permettra d'effectuer ce type de séquençage en l'espace de quelques minutes.

« Il n'y a pas deux séquences de cette partie du génome qui soient identiques entre la plupart des espèces », affirme M. Lévesque. « C'est pourquoi vous pouvez les déchiffrer tout comme le scanner au supermarché déchiffre le code-barre d'une boîte de craquelins. Vous introduisez la séquence dans un ordinateur, celui-ci la compare aux séquences d'organismes connus dans votre base de données, et en l'espace de quelques secondes, il vous dit exactement à quoi vous avez affaire. »

Selon M. Lévesque, la grande difficulté du moment consiste à constituer une base de données qui permettra ces comparaisons rapides. Comme il le fait observer, « si vous n'avez rien avec quoi comparer votre échantillon, cela ne vous sera d'aucune utilité ».

Par le passé, les collections biologiques d'AAC ont aidé les scientifiques à identifier les espèces envahissantes et à recommander des mesures de lutte précoces, permettant aux producteurs d'épargner des millions de dollars. Ces collections ont également servi à régler des crises causées par des ravageurs comme la galle verruqueuse de la pomme de terre, la mort subite du chêne et la rouille asiatique du soja.

« Nous possédons environ 20 millions de spécimens – des insectes, des champignons pathogènes et des végétaux qui ont des conséquences sur l'agriculture – dans nos collections biologiques à AAC seulement », ajoute M. Lévesque. « Manifestement, nous n'avons pas besoin de tous les séquencer, nous nous concentrons actuellement sur les organismes à haut risque – mais avec le concours de nos collègues d'autres ministères, comme Pêches et Océans Canada, nous ajoutons des milliers de ces codes-barres d'ADN à une base de données qui sera accessible à tous les organismes au Canada et éventuellement du monde entier. »





Recherche CORE sur le génome de l'avoine

L'avoine est une céréale indispensable du régime alimentaire humain et des aliments pour le bétail, et un élément précieux des systèmes durables de rotation des cultures. L'avenir de cette céréale est en pleine métamorphose grâce aux recherches concertées qui se font à l'échelle internationale et qui ont pour but d'améliorer la carte génétique de l'avoine. Les scientifiques d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) de tout le Canada font partie de la North American Collaborative Oat Research Enterprise (CORE) qui réunit la totalité des chercheurs sur l'avoine et des intervenants du Canada, des États-Unis et d'ailleurs.

« Le fait d'avoir une carte plus complète du génome de l'avoine nous permettra d'avoir accès à de nouvelles technologies moléculaires afin de mettre au point de nouvelles variétés d'avoine présentant de meilleures propriétés nutritives mieux adaptées pour résister aux pressions des maladies et des attaques de ravageurs au champ », affirme Jennifer Mitchell Fetch, Ph. D., sélectionneuse d'avoine d'AAC au [Centre de recherches sur les céréales](#) de Winnipeg (Manitoba).

Nicholas Tinker, Ph. D., scientifique au [Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux](#) d'AAC à Ottawa (Ontario) a joué un rôle majeur dans l'enrichissement des connaissances que nous avons du génome de l'avoine. Il a rassemblé et analysé un ensemble diversifié de matériels génétiques de l'avoine en provenance d'Australie, du Brésil, du Canada, d'Europe et des États-Unis. Dans le cadre du projet CORE, il a contribué à découvrir et à cartographier des milliers de gènes et d'autres différences génétiques.

« Notre équipe planétaire a élaboré et caractérisé de nouveaux marqueurs génétiques – une séquence d'ADN sur un fragment particulier d'un chromosome associé à un gène ou à un caractère particulier – dont on s'est servi pour améliorer la carte génétique de l'avoine », affirme M. Tinker. « Ces marqueurs sont une solide base pour les activités futures de découverte génomique, et de cartographie comparée. Aujourd'hui, pour la première fois de l'histoire, nous avons une carte complète du génome de l'avoine. »

Les recherches de M. Tinker, financées par l'[Initiative de recherche et développement en génomique](#) (IRDG) du gouvernement du Canada, ont également contribué à acquérir des connaissances précises sur la variation génétique dans des milliers de variétés différentes d'avoine.

« Nous avons identifié des gènes liés à des caractères distincts transmis des parents à la progéniture. Cela nous permet d'influer sur la sélection plus efficace de ces caractères. Phénomène encore plus important, le projet CORE a recruté une douzaine d'excellents sélectionneurs d'avoine du monde entier. Ceux-ci ont partagé des centaines de variétés d'avoine; ils les ont cultivées dans des milieux différents; nous les avons tous génotypés, et nous disposons désormais de meilleurs outils, matériels génétiques et connaissances pour améliorer l'avoine. Tout le monde en sort gagnant! »

« Les travaux de M. Tinker et de ses collègues offrent de nouvelles occasions de sélection dirigée de variétés d'avoine supérieures, et des directives pour préserver la diversité génétique de l'avoine », affirme M^{me} Mitchell Fetch. « Cela me permet de savoir très vite si les nouvelles variétés d'avoine que je mets au point présentent les caractères agronomiques et les caractéristiques nutritives désirables – données précieuses à la fois pour les producteurs et les consommateurs. »

LE SAVIEZ-VOUS?

- Le génome de l'avoine a plus d'ADN et plus de gènes que le génome humain.
- Le Canada produit 13 % des 22 millions de tonnes d'avoine produites à l'échelle mondiale chaque année.
- Santé Canada a reconnu les bienfaits des fibres d'avoine, qui confirment l'allégation selon laquelle les fibres d'avoine contribuent à réduire le taux de cholestérol.



Le point sur les grappes agroscientifiques

Le [programme Agri-innovation](#), annoncé dans le cadre de [Cultivons l'avenir 2](#), prévoit le financement de grappes de recherche et de projets dirigés par l'industrie. Les grappes de recherche sont de vastes collaborations qui appuient les recherches les plus prioritaires identifiées par les grands secteurs et réalisées par les experts canadiens les plus illustres de tout le pays, notamment les scientifiques d'AAC.

Par exemple, un investissement de 15 millions de dollars dans la [grappe du canola](#) mise sur un investissement préalable de 14,5 millions de dollars qui a préparé le terrain pour étudier les bienfaits pour la santé de l'huile de canola et conquérir de nouveaux marchés pour le tourteau de canola. Les chercheurs d'AAC participent à des recherches sur les nouvelles utilisations du canola dans les aliments pour le bétail, sur les façons de maximiser la production et la résistance aux stress, sur les stratégies de lutte antiparasitaire et de résistance à la maladie, et sur l'amélioration de la durabilité économique et environnementale de la production de canola.

Comme autre exemple, mentionnons le récent investissement de 12 millions de dollars dans la [grappe des produits laitiers](#) qui

fait appel à un investissement de 6 millions de dollars du secteur laitier et mise sur un investissement préalable de 7,2 millions de dollars d'AAC qui a permis de réunir des experts scientifiques dans le cadre de recherches sur certains secteurs clés dont le but est de rehausser la compétitivité du secteur. Les scientifiques d'AAC collaboreront à plusieurs des priorités de l'industrie, notamment à l'amélioration génétique, à l'innovation dans la production durable de lait et à une meilleure compréhension du lien qui existe entre les produits laitiers et la nutrition. (Voir le site Web de la [grappe des produits laitiers](#) pour une liste de toutes les recherches sur les produits laitiers qui se font au Canada. Des résumés de projet, des bulletins de nouvelles et des mises à jour sont souvent affichés sur les sites Web des partenaires de l'industrie chargés de coordonner les grappes.)

Jusqu'à janvier 2014, on a annoncé des grappes de recherche sur l'[orge](#), le [bœuf](#), le [canola](#), les [légumineuses](#), les [produits laitiers](#), les [grandes cultures](#) et le [blé](#). Toutes ces grappes s'appuient sur les réseaux constitués et sur les recherches réalisées en vertu du premier cadre stratégique Cultivons l'avenir, qui a pris fin le 31 mars 2013. D'autres grappes devraient être annoncées au cours des mois à venir.





Nous aimerions recevoir vos commentaires

Innovation Express est le bulletin de liaison trimestriel d'Agriculture et Agroalimentaire Canada pour promouvoir les partenariats de recherche ainsi que les transferts technologiques aux organismes qui s'intéressent à la R&D dans l'agroalimentaire.

Vos commentaires et suggestions sont bienvenus.

Communiquez avec nous : innovation.express@agr.gc.ca

Distribution électronique

Innovation Express est dorénavant disponible en format électronique seulement.

www.agr.gc.ca/magazineinnovationexpress

Inscrivez-vous au service automatique d'avis par courriel.

NOUVEAU – Nous sommes désormais sur Twitter

mobile.twitter.com/AAC_Canada

**Suivez AAC sur Twitter où vous trouverez des nouvelles,
des faits intéressants et des liens conduisant à diverses ressources.**

Innovation Express

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par le ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire (2014).

Version électronique disponible à l'adresse www.agr.gc.ca/magazineinnovationexpress

ISSN 1920-0498
N° d'AAC 10723F

Issued also in English under the title *Innovation Express*

Pour de plus amples renseignements, rendez-vous au www.agr.gc.ca.