

e Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada de Fredericton fête ses 100 ans cette année : un siècle de sciences qui ont contribué à la transformation de l'agriculture. D'après le

directeur des opérations, Edward Hurley, ce ne serait pourtant qu'un début.

« Je pense que le siècle à venir apportera encore des changements considérables, indique Hurley, peut-être même les plus grands que l'on n'ait jamais vus. »

La tâche n'est pas mince. En matière de grands progrès, on peut dire que les sciences et technologies du 20e siècle ont révolutionné la production alimentaire.

L'ampoule électrique a vu le jour, les chevaux de moteur ont remplacé les chevaux de trait, les cultures hybrides se sont renforcées dans les champs, l'informatique s'est implantée à la ferme et l'ADN a révélé certains de ses secrets.

Pourtant, Edward Hurley est convaincu que nous n'avons encore rien vu, surtout en ce qui concerne la culture maraîchère la plus importante et la plus lucrative du Canada.

Cela fait quatre ans que les Nations-Unies ont désigné la pomme de terre comme étant l'aliment du futur pour une planète affamée, et le Centre de recherches sur la pomme de terre continue de dénicher de nouvelles possibilités pour ce tubercule.

Le centre est devenu un lieu incontournable en matière de recherche sur la pomme de terre dans la communauté scientifique internationale. Il entretient des liens étroits avec le Centre international de la pomme de terre de Lima, au Pérou, ainsi que des centres majeurs de recherche sur la pomme de terre en Europe.

En collaboration étroite avec le Centre de recherches de Lethbridge du Ministère, en Alberta, le Centre de recherches sur la pomme de terre dirige le programme canadien d'amélioration de la pomme de terre.

Les chercheurs travaillent dans les installations principales juste à l'extérieur de Fredericton ainsi que dans une ferme expérimentale située à Benton Ridge, à une heure à l'ouest de la ville. Ils font appel à la chimie moléculaire, à une carte génétique complète de la pomme de terre et à de nouvelles connaissances sur le pouvoir régénérant des aliments pour revoir complètement le potentiel de la pomme de

Pour les producteurs de pomme de terre comme Joe Brennan, cela pourrait se traduire en un avenir où de nouvelles variétés de pomme de terre plus écologiques auraient la vedette à l'épicerie



Le directeur des opérations du Centre de recherches sur la pomme de terre, Edward Hurley.

grâce à leur valeur nutritionnelle, leur goût et, dans certains cas, leurs couleurs étonnantes.

« Le besoin de changement est probablement plus important que jamais, souligne Brennan, président de l'organisation agricole Potatoes New Brunswick et cultivateur de père en fils depuis les années 1860. L'avenir, c'est la diversification. »

D'après Edward Hurley, la diversification signifie que l'on envisagera plus seulement la pomme de terre comme aliment, mais aussi comme ingrédient.

Il pense que la fécule de pomme de terre sera l'un des ingrédients qui vont prendre un plus grand rôle dans la transformation alimentaire, ainsi que dans un grand nombre de produits non alimentaires comme le plastique biodégradable.

Le Centre de recherches sur la pomme de terre cherche à cultiver une meilleure pomme de terre depuis 1934, lorsqu'il a lancé son programme d'amélioration de la pomme de terre.

Depuis lors, le centre a produit 29 nouvelles variétés de pomme de terre, dont la Shepody, la variété à frites numéro deux au monde.

À l'heure actuelle, le centre a trois nouvelles variétés en fin de processus d'homologation, la dernière étape avant de recevoir un nom et d'être mises sur le marché. Mais si l'avenir du centre repose sur la pomme de terre, son passé est profondément ancré dans l'agriculture sous toutes ses facettes.

Lorsque les travailleurs ont commencé à nettoyer le terrain pour fonder le nouveau Centre de recherches de Fredericton en septembre 1912, les agriculteurs de la région étaient en difficulté. Les cultures souffraient de la mauvaise fertilité du sol et des maladies et insectes ravageurs, et la mortalité du bétail était élevée.

Les chercheurs ont alors commencé à évaluer de nouvelles variétés de cultures, de nouvelles races et de nouvelles façons d'exploiter une ferme.

Au fil du temps, ils ont testé plus de 1000 variétés de cultures fruitières et maraîchères et évalué des dizaines de races de chevaux, de bovins à viande et laitiers, de cochons, de moutons et de poules.

D'après Jennifer MacDonald, présidente de l'Alliance agricole du Nouveau-Brunswick, le centre a joué un rôle crucial pour les agriculteurs et leur industrie.

« Notre univers a beaucoup changé ces 100 dernières années, et le centre nous a aidé à changer avec lui, dit-elle. En tant qu'agriculteurs, nous dépendons de la recherche pour que nos fermes restent productives et compétitives et pour nous aider à offrir des produits de haute qualité aux consommateurs. Elle a une importance incommensurable. »

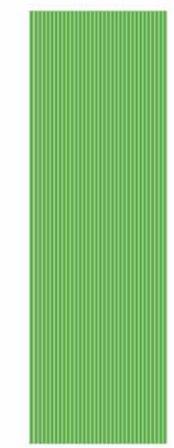
#### À l'interieur



Historique Pages 8-9



Un brillant avenir Page 11







### Une exposition annuelle des nouvelles variétés en puissance donne à penser que la pomme de terre a encore de beaux jours devant elle

'est une froide journée de février, et le hall d'entrée du Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada situé à Fredericton a été transformé en salle d'exposition de la pomme de terre.

Treize genres différents de pommes de terre, empilées dans des caisses, sont présentés sur une longue table. Une pile est violette, une autre rouge. Une caisse est remplie de minuscules pommes de terre blanches qui ne sont guère plus grosses que des balles de golf.

Il s'agit des sélections de 2012, celles qui représentent les meilleures perspectives du Centre pour la production de nouvelles variétés de pommes de terre. Plus de 120 000 plants hybrides ont été cultivés, mis à l'essai et mesurés pendant six ans jusqu'à ce qu'il n'en reste que treize à la douzaine.

Tout comme les voitures concepts au salon de l'automobile, les pommes de terre sont encore des modèles d'essai qui portent des noms comme AR 2012 02. Chacune présente des caractéristiques spéciales adaptées pour les frites, la purée, la cuisson au four, les croustilles et à des utilisations non alimentaires.

Cependant, les arguments de vente ne se limitent pas aux statistiques habituelles au sujet du rendement. Dans ce cas, la discussion comprend l'environnement, la santé et le coût de production.

Warren Road de Warren Grove Produce de l'Ontario a fait le long voyage jusqu'à Fredericton pour voir ce qu'il y a de nouveau.

« C'est un événement important pour nous, parce que nous sommes sans cesse à la recherche d'une pomme de terre nouvelle et meilleure », déclare M. Road, qui figure parmi les plus de 60 producteurs de pommes de terre, agriculteurs et transformateurs de tout le pays qui examinent les pommes de terre dans le hall d'entrée.

« Ce n'est pas simplement un produit agricole, déclare t il. Les gens veulent davantage pour leur argent et veulent savoir que la pomme de terre qu'ils achètent est spéciale, qu'elle a belle apparence et qu'elle a bon goût ».

Le principal sélectionneur de pommes de terre du Centre, Benoit Bizimungu, Ph.D., abonde complètement dans ce sens.

Il déclare que, bien que le programme de sélection de pommes de terre du Centre fonctionne depuis 1929, l'exposition vieille de 12 ans ouvre un nouveau chapitre dans la sélection des pommes de terre.

« Il y a une combinaison de facteurs qui détermine la demande pour de nouvelles variétés de pommes de terre, et tout tourne autour des attentes plus élevées, » explique t il.

Pour les agriculteurs, il s'agit de la hausse des dépenses pour la protection des cultures de pommes de terre contre les maladies et les insectes.

« Il devient de plus en plus coûteux de cultiver des pommes de terre et de réaliser un bénéfice et par conséquent, la production exigeant peu d'intrants est



La mesure des éventuelles nouvelles variétés de pommes de terre au Centre de recherches sur la pomme de terre.

un aspect très important pour les producteurs, d'expliquer M. Bizimungu. Cela signifie des variétés à plus haut rendement présentant une plus forte résistance naturelle et exigeant moins d'engrais. »

En outre, une production à faible apport d'intrants crée moins de stress pour l'environnement.

Cependant, M. Bizimungu déclare que les consommateurs exigent également quelque chose de nouveau et de différent de la pomme de terre.

« Les consommateurs sont plus conscients de la nutrition et du rôle que jouent les aliments dans leur santé, dit il. S'il y aura davantage de pommes de terre dans les assiettes, nous devons faire davantage attention à la nutrition et aux bienfaits pour la santé que procurent les pommes de terre. »

La sélection présentée cette année dans le cadre de l'exposition semble couvrir tous ces éléments.

La vedette de l'exposition est une pomme de terre à faible teneur de glucose. Bien qu'il faille encore des années pour qu'elle arrive sur le marché, elle pourrait être la solution pour les diabétiques qui ont des problèmes avec l'augmentation soudaine de leur taux de glycémie qui provient de la consommation de pommes de terre ordinaires

Les autres sélections ont également leurs admirateurs.

La plupart présentent une meilleure résistance aux maladies et une amélioration de la qualité ou le potentiel de répondre à un créneau du marché.

L'un de ces admirateurs est une usine d'amidon, qui produit une quantité supérieure à la moyenne qui peut être utilisée dans la transformation des aliments et dans des applications industrielles comme les plastiques biodégradables.

Mais s'il y a une demande pour la différence, il est également nécessaire d'agir avec rapidité pour créer de nouvelles variétés afin de répondre promptement à l'évolution des besoins de l'industrie.

C'est la raison pour laquelle M. Road et d'autres personnes présentes dans le hall d'entrée sont davantage que des spectateurs intéressés. Ils détermineront si l'une quelconque de ces variétés en puissance parviendra jusqu'au marché.

Pour un droit de 100 \$, ils peuvent effectuer leurs propres essais en champ et des essais de la qualité d'une sélection pendant deux ans au maximum.

S'ils aiment ce qu'ils voient, ils peuvent présenter une soumission pour obtenir le droit exclusif de commercialiser la pomme de terre pendant un maximum de cinq ans.

« Cela s'appelle le Programme de mise au commerce accélérée, de dire M. Bizimungu. En termes simples, nous souhaitons placer des pommes de terre meilleures et nouvelles dans les mains de l'industrie plus tôt. »

Au lieu d'attendre que le Centre de recherche termine ce qui est habituellement un processus d'élaboration de 10 à 12 ans pour les nouvelles variétés, on distribue les sélections intéressantes à l'industrie dès la sixième année.

« La sixième année, nous savons quelle sélection présente le potentiel de procurer des avantages à l'industrie et de quelle façon les plantes se comporteront en champ. L'industrie peut ensuite juger par ellemême du point de vue du marché et des détails de production. »

Les négociations sont en cours pour des licences exclusives pour quatre sélections.

M. Road est en faveur de l'effort visant à ajouter davantage d'excitation et de diversité aux pommes de terre.

« Dans notre secteur d'activité, nous essayons de trouver de nouvelles façons de commercialiser les pommes de terre et les nouvelles variétés qui plairont à

« C'est pour cette raison qu'il est formidable de venir ici et de voir toutes ces différentes variétés côte à-côte. Nous avons le même objectif – des pommes de terre pour chacun. »



Benoit Bizimungu, Ph.D., sélectionneur de pommes de terre.

#### Retour vers le futur La collection de variétés anciennes de pommes de terre prépare l'avenir

orsque, pour célébrer un anniversaire, le personnel du Jardin botanique VanDusen de Vancouver a voulu recréer un jardin anglais identique aux jardins cultivés en 1850, il s'est tourné vers Teresa Molen et la Banque de gènes de pommes de terre.

Des mois plus tard, il récoltait de son jardin patrimonial une petite pomme de terre tordue et noueuse appelée Lumper.

Le dépôt du Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, situé à Fredericton, est la banque nationale de gènes pour la pomme de terre au Canada. Il s'agit d'une véritable bibliothèque vivante contenant 163 variétés de pommes de terre et de souches génétiques, certaines ayant plus de 200 ans.

Si cette collection présente un immense intérêt pour les mordus de l'histoire de la pomme de terre, elle est aussi une fenêtre sur ce que sera son avenir.

À l'intérieur de ce qui ressemble à trois grands réfrigérateurs, de petits plants placés dans des supports à éprouvettes sont les dépositaires vivants des caractéristiques de la pomme de terre qui, sans eux, risqueraient d'être perdues dans une industrie dominée par une poignée de variétés.

« Notre travail consiste à préserver cette diversité et la mettre à la disposition des éleveurs et des chercheurs », affirme Teresa Molen, qui gère la collection.

Créé en 1992, le dépôt a reçu une subvention de 500 000 \$ il y a deux ans afin d'accroître la sécurité de la collection et d'agrandir les laboratoires.

Soixante pour cent des plants sont des variétés et des lignées génétiques canadiennes et internationales contemporaines qui ont démontré une bonne résistance aux maladies et aux insectes. Le quarante pour cent restant est composé de variétés anciennes, dont la Lumper. Il s'agit d'une pomme de terre rendue tristement célèbre lors de la Grande Famine d'Irlande des années 1840 et 1850.



Teresa Molen, avec les variétés entreposées à la Banque de gènes de pommes de terre.

La Lumper ne possédait aucune défense naturelle contre le mildiou, une maladie de la pomme de terre, mais elle possède des caractéristiques qui pourraient être utiles à de nouveaux hybrides.

« Nous ne savons pas ce que l'avenir nous réserve et ce dont nous pourrions avoir besoin pour faire face aux changements climatiques. Nous ignorons quelles seront les nouvelles demandes des consommateurs et quelles nouvelles utilisations, alimentaires ou non, seront faites de la pomme de terre », affirme Mme Molen. « Certaines de ces anciennes variétés ont peut-être des caractéristiques que nous pourrions utiliser. »

La conservation de cette diversité génétique nécessite une évaluation et un entretien constants. Les petites plantules en éprouvette proviennent de boutures. Elles sont remplacées tous les deux mois, de sorte que le produit est disponible toute l'année. Elles font l'objet d'une surveillance régulière pour s'assurer qu'elles sont saines.

Des petites pommes de terre, appelées microtubercules, sont récoltées à partir des pommes de terre en éprouvettes et, par précaution, entreposées pendant une période pouvant aller jusqu'à un an pour le cas où l'on en aurait besoin.

Un double de la collection de microtubercules est conservé au Centre de recherches d'Agriculture et Agroalimentaire Canada de Saskatoon, en Saskatchewan.

La collection fait partie d'un vaste réseau mis sur pied pour assurer la biodiversité du Canada, appelé Ressources phylogénétiques du Canada. Ce réseau est aussi l'un des 300 membres d'une alliance mondiale appelée Bioversity International.

Même si Mme Molen est en contact avec des chercheurs de partout en Amérique du Nord, elle a été agréablement surprise de l'intérêt du public pour la collection.

- « Les gens sont extrêmement intéressés par certaines de ces anciennes variétés et c'est amusant de travailler avec eux et de prendre part à ces projets communautaires. »
- « J'ai toujours aimé travailler avec les plantes. L'intérêt que je porte au passé et les promesses de l'avenir rendent ce travail très gratifiant. »

#### La recherche culinaire met son grain de sel pour les cultivateurs de pomme de terre

ême après 23 années à déguster des pommes de terre cuisinées de toutes les façons possibles ou presque, Denise LeBlanc est toujours passionnée par son travail.

Et c'est tant mieux! Denise LeBlanc fait partie d'un panel témoin qui, chaque année, fait frire, cuire et bouillir, et déguste plus de 2 000 sélections expérimentales du Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, situé à Fredericton, au Nouveau-Brunswick.

Tandis que ses collègues du Centre évaluent les pommes de terre au champ, en serre et en laboratoire, Denise et son équipe soumettent les nouvelles variétés à leurs épreuves culinaires dans une pièce appelée « labo qualité ».

En guise d'équipement de laboratoire, on y trouve deux fours, un blancheur, des friteuses électriques du commerce, une trancheuse à croustilles, un coupefrites et un analyseur de fécule de pomme de terre.

« Il est tout aussi important de connaître la qualité d'une variété en préparation culinaire que sa résistance aux maladies, aux insectes et aux conditions météorologiques, explique Mme LeBlanc. Au bout du compte, on cherche à obtenir une pomme de terre qui soit belle et qui ait bon goût, un produit qui plaise aux consommateurs. »

À l'ouverture du labo qualité, en 1951, la ménagère moyenne passait plus de trois heures par jour à préparer les repas pour sa famille.

De nos jours, on privilégie plutôt le goût et le côté pratique.

L'idée de la pomme de terre « à tout faire » est révolue. On sélectionne aujourd'hui les variétés selon la spécialisation voulue, que ce soit pour des croustilles, des frites, des pommes de terre cuites au four, de la purée ou tout simplement des patates bouillies

Denise LeBlanc fait partie des cinq vérificateurs de qualité qui évaluent à tour de rôle, en équipe de trois, les pommes de terre pour déterminer leur valeur culinaire

Ils évaluent les pommes de terre en purée et cuites au four selon une échelle allant de un à cinq en fonction de leur aspect, leur texture, leur saveur et leur couleur.

Les frites, quant à elles, sont évaluées selon leur aspect et leur couleur externes ainsi que leur couleur et leur texture à l'intérieur.

En ce qui concerne les croustilles, on évalue leur couleur, allant de « très clair » à « très foncé ».

« Les croustilles foncées ont généralement un goût amer », explique Mme LeBlanc.



Deborah Campbell, Cynthia Murray, Esther Tremblay-Deveau, Denise LeBlanc et Stephen Allaby classent des croustilles au laboratoire d'analyse de la qualité du Centre de recherches sur la pomme de terre.

Il est vrai que le goût et l'aspect sont subjectifs, mais Denise LeBlanc précise que l'équipe est bien formée.

« Nous savons ce qu'il faut vérifier », dit-elle. Elle admet toutefois que ce travail n'est pas pour tout le monde.

« Il faut vraiment aimer la pomme de terre parce qu'on en mange énormément, ajoute-t-elle en riant. En plus, au laboratoire nous n'utilisons ni beurre, ni crème, ni ketchup ni autre condiment. »



Un croisement est effectué sur une fleur de pomme de terre émasculée où les étamines ont été enlevées.



Le pollen est recueilli auprès du parent mâle et est appliqué au stigmate du parent femelle.



Les fleurs pollinisées produisent des glomérules pleins de semences véritables qui servent à planter les hybrides.

### Vous devez jouer le jeu des abeilles lorsque vous élaborez de nouvelles variétés

Stephen Allaby et Deborah Campbell savent ce que c'est qu'être occupé comme une abeille. Chaque mois de mars, Stephen et Deborah passent jusqu'à trois mois dans la serre pour prélever du pollen des fleurs d'une plante de pomme de terre et l'utiliser pour en polliniser une autre.

Tout cela fait partie du processus fastidieux de pollinisation croisée utilisé pour sélectionner de nouvelles variétés de pommes de terre au Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Depuis 1929, la sélection de pommes de terre au Centre a changé de façon spectaculaire. La cartographie génétique, l'empreinte d'ADN et l'analyse chimique ont fait de la détermination précise des caractères souhaitables dans les pommes de terre un travail de haute technologie.

Il y a un bien plus vaste choix de parents parmi les variétés de pommes de terre que l'on trouve dans le monde entier, les parents sauvages et les collections de matériel génétique.

Mais le travail de pollinisation croisée des plantes de pommes de terre pour sélectionner les caractères que les producteurs, les transformateurs et les consommateurs souhaitent est toujours un processus manuel.

« Il s'agit de la sélection croisée traditionnelle, la façon dont nous l'avons pratiquée pendant longtemps, d'expliquer M. Allaby. Nous utilisons des moyens traditionnels et classiques de modification génétique. »

Cette année, Stephen et Deborah estiment avoir effectué plus de mille pollinisations croisées, chacune faisant intervenir 10 fleurs ou davantage.

Dans chaque cas, ils utilisent des pincettes pour retirer la partie mâle des fleurs, appelée anthère, afin que les fleurs ne se pollinisent pas elles-mêmes ou fassent une pollinisation croisée de leur propre chef.

Ces croisements sont choisis par les sélectionneurs de pommes de terre qui cherchent à réunir les meilleurs caractères de deux plantes.

« L'une peut présenter une grande résistance aux maladies des plantes et l'autre peut avoir une forte activité antioxydante qui pourrait présenter des bienfaits pour la santé humaine », d'expliquer Mme Campbell.

Les objectifs de l'hybridation sont examinés annuellement et modifiés de façon à prendre en compte les changements qui se sont produits dans l'industrie et de s'attaquer aux nouvelles tendances ou aux défis posés par les maladies et les ravageurs.

Lorsque la fleur est fertilisée, il se forme un fruit qui a à peu près la taille d'une tomate cerise et qui contient jusqu'à plusieurs centaines de semences.

Stephen, Deborah et leurs collègues presseront ensuite des milliers de fruits pour en extraire les semences et consigneront le nombre de semences de

#### chaque boule.

Les semences sont recueillies, numérotées et entreposées dans un entrepôt de semences dans lequel elles peuvent demeurer viables pendant des années.

Lorsque l'on en a besoin, les semences sont cultivées dans une serre pour produire des plants de pommes de terre qui forment des tubercules. Les semences d'un même parent sont semées ensemble en groupe, afin que les plantes qui se développent soient comme frères et sœurs, semblables mais uniques. Chacune a la possibilité de devenir une nouvelle variété.

À partir de ce moment, la multiplication se fait en plantant des morceaux de pommes de terre de semence, portant chacun deux œilletons ou davantage dans des champs d'essai à la ferme expérimentale de Benton Ridge d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Les plantes qui poussent à partir de ces morceaux sont génétiquement identiques.

Stephen et Deborah travailleront ensuite avec l'équipe de sélection de pommes de terre pour déterminer les meilleures plantes. Ces sélections seront ensuite multipliées et évaluées lors d'essais en champ pendant plusieurs années. Ces caractères comprennent la croissance et le rendement, la résistance aux maladies et aux parasites et la qualité culinaire.

« C'est un travail agréable tant que vous pouvez voir ce que vous faites, » explique M. Allaby en riant. « C'est un travail de proximité. Les lunettes à double foyer sont d'un grand secours pour nos autres abeilles plus âgées. »

#### Pour être retenues, les nouvelles variétés de pommes de terre doivent faire leur preuve au champ

es champs de pommes de terre sont en pleine floraison en août à la Ferme de recherche de Benton Ridge d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Mais ces champs ne ressemblent à aucun autre champ dans la ceinture de pommes de terre du Nouveau-Brunswick.

D'abord, les plants sont séparés d'un mètre, créant ainsi des îlots de feuilles sur une terre noire.

Ensuite, les plants sont de forme, de taille et de couleur différentes. Des fleurs blanches, jaunes, roses et orange les ponctuent de couleur. Certains plants n'ont qu'une fleur et d'autres en ont des douzaines regroupées en bouquet.

Certains plants sont des boules feuillues qui rasent le sol; d'autres font un mètre de haut.

Enfin, il y a l'ampleur du projet : 70 000 plants de pommes de terre, tous différents, ont été mis en terre sur une superficie de quelque 10 hectares.

Il s'agit de la première génération de plants produits par pollinisation croisée dans le cadre du programme d'amélioration de la pomme de terre du Centre de recherches sur la pomme de terre. Après un an de culture en serre, les variétés de pommes de terre de demain sont mises à l'essai dans ces

Sur 20 autres hectares, plusieurs générations de pommes de terre sont cultivées dans des rangs classiques. Seule une douzaine de variétés seront retenues pour six autres années d'essais portant sur la productivité, la résistance aux maladies et aux insectes et la rusticité des pommes de terre.

Tout ce travail s'inscrit dans une démarche longue et intensive de recherche pour la mise au point de nouvelles variétés qui répondent aux demandes en évolution des agriculteurs, des transformateurs et des consommateurs

« À ce moment de l'année, les champs sont très beaux », raconte Tony Anderson, qui travaille dans les champs. « On voit vraiment à quel point les pommes de terre peuvent être différentes ».

Depuis son ouverture en 1975, la ferme de Benton Ridge s'efforce de repérer les meilleures variétés parmi toutes celles qui sont cultivées. La ferme est située à 100 kilomètres à l'ouest de Fredericton; son isolement rend possible la recherche au champ, même si la ville de Fredericton s'est développée autour du Centre de recherches sur la pomme de terre.

« Nous devons être propres et contrôlés, tant qu'il est possible de l'être dans un environnement naturel », explique Bill Flemming, directeur de la ferme de recherche. « Nous sommes chargés de protéger le caractère unique de ces variétés de pommes de terre. >

Les six employés à temps plein et les employés saisonniers de la ferme savent tous que la mise au point des pommes de terre qu'ils cultivent dans le cadre d'essais au champ a nécessité beaucoup de temps et d'efforts.

Chaque plant représente une décision prise par le sélectionneur de pommes de terre quant aux deux parents à réunir pour générer les traits recherchés. À l'appui de cette décision, un travail dans le domaine de la chimie moléculaire, des analyses de l'ADN et des études sur la biologie ont pu être nécessaires.

« Nous travaillons avec un stock de semences irremplaçable », affirme Bill Flemming.

> Suite à la page 5



# Comment, voilà plus de 40 ans, un retour aux sources de la pomme de terre a-t-il permis au Canada de se préparer pour l'avenir

Ses enfants l'appellent « Monsieur Patate ». Ses enfants se rappellent en riant des virées chez McDonalds qui se transformaient en cours sur la texture des frites.

Sa femme se souvient de lieux de vacances qui, par hasard, se trouvaient près d'une conférence sur les pommes de terre.

Toute sa vie ou presque, Richard Tarn, Ph.D., a été fasciné par les pommes de terre. Quatre ans après sa retraite, les travaux qu'il a menés pendant ses 40 ans de carrière au Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada continuent de porter des fruits.

À la fin des années 1960, M. Tarn et le sélectionneur de pommes de terre Henry DeJong ont fait retrouver à la pomme de terre canadienne ses racines latines dans la cordillère des Andes, en Amérique du Sud.

L'apport de traits génétiques sud-américains a permis d'enrichir le programme d'amélioration de la pomme de terre – mené par le Centre depuis près de 80 ans – de toute une gamme de pigments, de formes bizarres et de variétés sauvages ressemblant plus à de la mauvaise herbe qu'à des pommes de terre.

C'est cette diversité qui permettra peut-être au Canada d'affronter au mieux les nouvelles tendances du marché et les changements climatiques.

« Plus que jamais, le marché et l'environnement exigent de la diversité, et cela ne fera que s'intensifier, affirme M. Tarn. Les pommes de terre qui poussent en haute altitude dans les Andes sont des variétés qui se sont développées pendant des centaines, voire des milliers d'années avec très peu d'engrais ou de pesticides ».

« Beaucoup de variétés sont assez petites, mais les formes, les textures et les couleurs de la pelure et de la chair sont très diverses, et nous voulions conserver autant que possible cette diversité ».

Ce sont des préoccupations liées au manque croissant de diversité dans la culture de la pomme de terre canadienne qui ont incité les chercheurs à ramener cette dernière dans son pays natal.

Une autre importante culture nord-américaine, le maïs, a été frappée par la maladie en 1970. Plus de 80 p. 100 du maïs avait les mêmes caractéristiques génétiques qui le rendaient sensible à une nouvelle souche de l'helminthosporiose du Sud du maïs. La

#### > Suite de la page 4

« Si nous perdons une récolte, nous pouvons perdre des années de recherche ».

Pour éviter les revers de fortune, des normes sanitaires strictes sont appliquées sur la ferme. Les employés trempent leurs pieds dans un produit désinfectant avant d'entrer dans les bâtiments et, dans les champs, ils portent des couvre-chaussures jetables en plastique. Le matériel est nettoyé à la vapeur entre les champs.

L'Agence canadienne d'inspection des aliments inspecte toutes les pommes de terre qui quittent la ferme pour être mises à l'épreuve dans les centres de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada situés dans d'autres provinces.

Six générations de pommes de terre sont cultivées à tout moment sur la ferme. Pour Bill Flemming, le travail ne se termine pas avec la récolte des pommes de terre.

« On me demande tout le temps ce que nous faisons l'hiver », dit-il. « Nous choisissons les semences, achetons les produits chimiques et réparons ou remplaçons le matériel. »

« Nous sommes toujours en train de nous préparer pour la prochaine année. »



Richard Tarn, Ph.D., avec quelques exemples de la diversité des pommes de terre qu'il a contribué à apporter au programme de sélection du Centre de recherches sur la pomme de terre.

récolte a été décimée.

Cette catastrophe a été un signal d'alarme.

« Nous avons compris que la base génétique de notre matériel de sélection des pommes de terre était si étroite que cela représentait un risque, explique M. Tarn. Nous avions besoin d'une plus grande variété de matériel génétique pour obtenir une meilleure résistance aux maladies et aux insectes. »

M. DeJ ong a examiné les espèces sauvages de pommes de terre d'Amérique du Sud tandis que M. Tarn s'est penché sur les pommes de terre primitives cultivées dans la région.

Ils ont commencé à introduire des traits génétiques de pommes de terre d'Amérique du Sud dans les variétés mises au point pour le climat et le marché canadiens.

« Quand nous avons croisé les pommes de terre primitives cultivées dans les Andes avec nos propres variétés, le rendement a fortement augmenté, raconte M. Tarn. Les cultivars primitifs avaient tendance à produire un plus grand nombre de tubercules de petite taille, tandis que les pommes de terre canadiennes comportaient un petit nombre de tubercules de grande taille. Le croisement a permis d'obtenir des variétés hybrides produisant un plus grand nombre de pommes de terre de taille moyenne. »

Le matériel de sélection est aujourd'hui utilisé par les chercheurs pour développer des variétés dont les propriétés vont bien au-delà du simple aliment de base. Le Centre de recherches sur la pomme de terre met actuellement au point des variétés qui contribueront à prévenir des maladies humaines et pourront être utilisées par l'industrie. La question environnementale est également prise en compte par les chercheurs.

Selon M. Tarn, c'est là toute la force de la diversité. Les maladies peuvent muter, les insectes peuvent se déplacer au nord et les marchés peuvent changer, mais ce ne sont pas des problèmes insurmontables lorsque des solutions existent.

« Notre travail a des répercussions à long terme, ajoute-t-il. Si nous n'avons pas d'options et que l'on se retrouve dans une situation où l'on attend de voir si les choses fonctionnent ou pas, nous avons un gros problème.

« La diversité permet de mieux surmonter les difficultés. »

Ilze Dimante, Ph.D., chercheure lettonne spécialiste de la pomme de terre, examine de jeunes plants de pommes de terre entreposés au Centre de recherches sur la pomme de terre avec le principal sélectionneur de pommes de terre, Benoit Bizimungu, Ph. D.

## Scientifiques sans frontières

L'attrait international de la recherche sur la pomme de terre

ors de leur visite à la mi-mars au Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Fredericton, Ilze Skrabule, Ph. D., et Ilze Dimante, Ph. D., spécialistes lettones de la pomme de terre, se sont alors demandé si la Lettonie et le Canada avaient réellement des régimes climatiques semblables.

Le jour de leur visite, une vague de chaleur inhabituelle pour la saison a fait grimper la température à 25 °C et transformé ce jour d'hiver en un sursis – de courte durée.

Cette poussée de chaleur était très étonnante, mais les scientifiques ont tout de même obtenu ce qu'elles attendaient des scientifiques du centre.

« Les travaux sont très impressionnants », a déclaré M<sup>me</sup> Skrabule, phytogénéticienne spécialisée dans la pomme de terre et directrice du comité scientifique du State Priekuli Plant Breeding Institute, en Lettonie.

« La recherche est vraiment de haut niveau. »
« Nous espérons – à l'avenir – pouvoir coopérer, car normalement, nos climats sont très semblables. »

Des invités de l'étranger viennent régulièrement visiter le Centre de recherches. Un mois avant les Lettones, c'est une délégation bolivienne qui était en visite au Centre.

Sur les parcelles de terrain du Centre, à Benton Ridge, des scientifiques français travaillent en collaboration avec le personnel de recherche de Fredericton sur la résistance des insectes; et actuellement, un étudiant français poursuit son projet d'études au Centre de recherches.

« Il y a ici des chercheurs de calibre mondial, et certains travaux sur la culture de la pomme de terre, particulièrement l'aspect environnemental de la production, sont très novateurs, et c'est ce qui attire l'attention », raconte le directeur de la recherche et du développement Claudel Lemieux, dans son explication sur l'intérêt que suscite le Centre à l'échelle internationale.

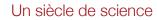
Cette collaboration va dans les deux sens. L'an dernier, David De Koeyer, Ph. D., scientifique canadien éminent dans le domaine de la génétique de la pomme de terre, a passé 11 mois au International Potato Centre de Lima, au Pérou, à étudier la génétique de la pomme de terre dans les hautes montagnes d'Amérique du Sud. L'objectif est de faire en sorte que les producteurs canadiens puissent tirer profit des résultats de la recherche.

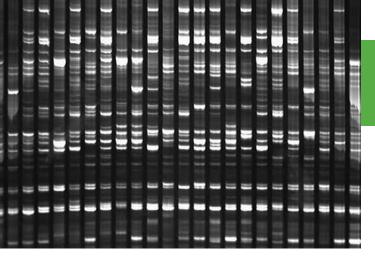
« Nous avons vraiment le sentiment de faire partie d'une communauté internationale. En tant que scientifiques, nous croyons que nous pouvons apprendre les uns des autres, et ainsi venir en aide à nos propres agriculteurs, affirme M. Koeyer. »

Selon ce dernier, il existe réellement un désir commun de se servir des avancées dans le domaine de la pomme de terre pour combattre la faim dans le monde.

« Je me suis rendu dans la région des Andes, au Pérou, où j'ai rencontré des agriculteurs pour qui la seule préoccupation est de pouvoir nourrir leur famille, a-t-il dit. Les travaux que nous réalisons pour rendre la production de pommes de terre moins coûteuse et en faire un aliment plus nutritif permettront d'aider les gens de partout dans le monde. »







orsqu'un consortium scientifique dirigé par des Néerlandais a annoncé en 2011 qu'il avait établi la carte complète de la structure de l'ADN du génome de la pomme de terre, M. David De Koeyer, Ph.D., avait une bonne raison pour célébrer l'événement.

En effet, il était l'un des premiers à avoir travaillé sur le projet.

« J'ai eu la chance de faire partie du Projet de génomique de la pomme de terre du Canada entre 2001 et 2005 et d'en jeter les bases », explique cet éminent chercheur canadien spécialisé dans la génétique de la pomme de terre qui travaille au Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Fredericton.

Grâce au séquençage du génome, lui et les autres chercheurs savent maintenant où trouver chacun des 40 000 gènes ou presque qui composent le génome de la pomme de terre, même s'ils ne connaissent pas encore le rôle de chacun d'entre eux.

Les gènes, de même que quelques brins courts et longs de l'ADN, peuvent être vus comme des marqueurs génétiques, un peu à l'image des panneaux de signalisation sur l'autoroute annonçant que vous êtes arrivé à destination.

Pour les sélectionneurs de pommes de terre, la cartographie va permettre d'apporter rapidement des améliorations aux nouvelles variétés en plus d'ouvrir la porte à de nouvelles utilisations allant de la médecine et de la santé, à la fabrication et à l'énergie.

« Cela change tout », selon M. De Koeyer.

Il ne s'agit pas de modification génétique, préciset-il. Les informations génétiques renforcent tout simplement l'efficacité de la sélection traditionnelle.

« Le problème avec la sélection de la pomme de terre, c'est qu'il s'agit d'un organisme très complexe par rapport aux autres cultures. Pour obtenir toutes les données dont nous avons besoin pour affirmer que nous avons mis au point une nouvelle variété de pommes de terre de bonne qualité, il faut beaucoup de temps et d'argent », dit-il.

Comme la pomme de terre possède quatre copies

#### Variétés

#### Le Centre de recherches sur la pomme de terre a contribué à la cartographie de l'ADN de la pomme de terre

Il ne reste plus qu'à découvrir tout le potentiel qu'elle renferme

de chaque gène (contrairement à la plupart des autres cultures et aux humains qui n'en possèdent que deux), la probabilité d'obtenir un caractère recherché est faible.

Pour trouver une pomme de terre possédant la combinaison de traits recherchés, il fallait auparavant procéder à des essais en serre et au champ qui pouvaient durer 10 ans.

« Grâce aux informations des marqueurs génétiques, nous pourrions maintenant avoir des résultats dans les deux ans », explique M. De Koeyer. « L'avenir est là ».

Guidés par les marqueurs, les chercheurs peuvent maintenant essayer de trouver la résistance inhérente à des maladies et à des insectes particuliers.

« Cela s'apparente aux travaux de recherche sur l'ADN menés afin de déterminer la durée du traitement contre le cancer et d'autres maladies humaines. Nous appliquons des technologies très similaires aux pommes de terre afin de renforcer la résistance aux maladies et la qualité », poursuit-il.

Les marqueurs ressemblent aux codes à barres que l'on trouve sur les produits vendus en épicerie – une série de lignes noires et blanches de différentes épaisseurs.

Le décodage du génome a également permis á M. De Koeyer de recueillir des informations génétiques sur des variétés de pommes de terre particulières. Les données sont générées dans un centre de génomique de Toronto et il faut compter entre deux et trois mois pour les traiter.

M. De Koeyer a récemment terminé le séquençage d'une pomme de terre pour frites appelée Shepody, mise au point au Centre de recherches sur la pomme de terre et qui est devenue la deuxième variété la plus populaire en Amérique du Nord pour les frites.

« Comme pour les humains, les différences entre les variétés de pommes de terre se comptent par millions », explique M. De Koeyer.

Les marqueurs d'ADN permettront non seulement

de développer des variétés plus performantes au champ, mais aussi d'identifier des composés qui pourront servir à d'autres usages.

« Alors que nous sommes en plein changement climatique, nous pouvons rechercher des tolérances aux stress comme la sécheresse et la pluie. Nous pouvons rechercher des éléments liés à la nutrition, identifier les gènes associés à une meilleure santé et des traits importants pour la qualité de cuisson.

L'ADN est la base de tout. Plus nous comprenons la structure génétique de la pomme de terre, plus grand est son potentiel ».



Selon David De Koeyer, Ph.D., scientifique canadien parmi les plus réputés dans le domaine de la génétique de la pomme de terre au Centre de recherches sur la pomme de terre, la cartographie du génome de la pomme de terre changera la façon dont la pomme de terre de demain sera utilisée.

### Lorsqu'il est impossible de déterminer une variété de pommes de terre, l'empreinte génétique permet de le faire

Qu'ont en commun les variétés de pommes de terre Congo, British Columbia Blue, McIntosh Black, River John Blue et Sharon's Blue? Il s'agit de la même variété de pommes de terre.

Apparemment, même les pommes de terre peuvent avoir une crise d'identité.

Xiu-Qing Li, Ph.D., spécialiste de la génétique moléculaire qui a élaboré une technique rapide d'empreinte génétique pour déterminer la constitution génétique des pommes de terre, affirme que « surtout avec les anciennes variétés, la même pomme de terre a quatre ou cinq noms différents dans différentes régions du pays ».

Cette confusion tire ses racines dans les jardins et les champs des derniers siècles. Sans le système officiel d'enregistrement des variétés qui existe actuellement, chaque personne donnait un nom à sa variété de pommes de terre préférée.

Cette tradition a donné lieu à des noms pittoresques. Elle a aussi causé des difficultés aux sélectionneurs de pommes de terre qui cherchent des variétés anciennes de pommes de terre pour utiliser certaines caractéristiques permettant de développer de nouvelles variétés ou d'améliorer les variétés anciennes.

« Pour sélectionner des pommes de terre, il faut savoir ce qu'on fait, précise M. Li. Nous travaillons avec des centaines de variétés, et la forme et la couleur de la peau et de la chair ne permettent pas toujours de les distinguer. »

Il a travaillé dans le domaine de la constitution génétique et selon lui, le processus était lent et coûteux. Le problème est que chaque gène de pomme de terre cultivée comporte quatre copies, deux fois plus que celui d'un humain.

En 2008, il a dirigé une équipe qui a élaboré un test assez simple pour déterminer l'empreinte génétique, un processus appelé Multiplex SUPN. Le test permet aux chercheurs de distinguer les variétés en se fondant en majeure partie sur 14 bandes de séquences d'ADN.

« Nous pouvons maintenant déterminer la constitution génétique en deux jours avec un seul test, au lieu de devoir en effectuer plusieurs », affirme M. Li.

Le test a été élaboré en collaboration avec l'Agence canadienne d'inspection des aliments, le ministère de l'Agriculture du Nouveau-Brunswick et l'industrie de la pomme de terre.

Xiu-Qing Li, Ph.D., spécialiste de la génétique moléculaire, a mis au point une technique d'analyse rapide de l'empreinte génétique pour déterminer la composition génétique des pommes de terre. M. Li a créé une bibliothèque de plus de 100 empreintes génétiques de pommes de terre canadiennes, et celle-ci continue de croître.

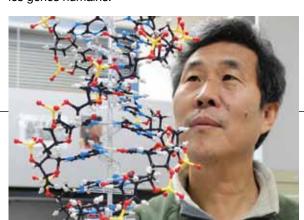
Cependant, l'empreinte génétique n'est pas seulement un processus visant à déterminer la constitution génétique des pommes de terre.

Muhammad Haroon, un technicien qui travaille avec M. Li, montre un échantillon d'ADN sur l'écran de son ordinateur. Cela ressemble à une version plus confuse du code à barres des produits vendus dans les supermarchés.

M. Haroon, qui, avant d'immigrer au Canada, a travaillé à un projet sur la cartographie du génome humain à Riyad, en Arabie Saoudite, affirme que « les gènes et les enzymes des pommes de terre nous racontent une histoire ».

L'empreinte génétique témoigne du génome et des gènes qui déterminent des caractéristiques telles que la dimension, la forme, la texture et la résistance à certains insectes et à certaines maladies. Les gènes peuvent aussi aider les chercheurs à sélectionner des pommes de terre qui ont une meilleure valeur nutritive et qui peuvent être utilisées à des fins non alimentaires, comme la fabrication de plastiques biodégradables.

Il affirme ceci : « Pour déterminer la constitution génétique des végétaux, nous utilisons les mêmes techniques et technologies utilisées pour cataloguer les gènes humains. »



#### La révolution de la frite

Des frites avec ça? Et comment! En moyenne, chaque Canadien consomme plus de 29 kilogrammes de frites et autres produits de pomme de terre transformés par année. Certains en consomment encore davantage ailleurs dans le monde. Mais faire de bonnes frites relève de la science. On ne s'étonnera donc pas que le Centre de recherches sur la pomme de terre ait joué un rôle clé dans l'âge d'or de la frite.

#### Comment des frites et une carrière de chercheur dans le domaine de la pomme de terre ont permis à Dr Don Young, Ph.D., de recevoir l'Ordre du Canada

ous ne savez peut-être pas à quoi ressemble une pomme de terre Shepody, mais vous en avez sûrement mangé si vous êtes un amateur de

Et si vous aimez les frites, dites merci à M. Don Young, Ph.D., car sans lui le Canada n'aurait pas acquis cette réputation d'excellence pour ce grand classique de la restauration rapide.

Le sélectionneur à la retraite du Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada a reçu l'Ordre du Canada en 2009 pour ses 31 ans de carrière dédiés à la recherche sur la pomme de terre

Mais c'est la mise en marché de la variété Shepody, en 1980, après 17 années de recherche, qui l'a fait connaître

La variété Shepody a été la première pomme de terre nord-américaine développée spécialement pour le marché de la frite. Elle s'est rapidement hissée au deuxième rang sur le continent, juste derrière la Russet Burbank.

Le plus grand distributeur mondial de frites, l'entreprise McCain Foods au Nouveau Brunswick, a été l'un des premiers à adopter la nouvelle variété.

« L'introduction de la Shepody explique en partie le succès de McCain Foods », explique M. Yves Leclerc, Ph.D., responsable de l'agronomie au sein de l'entreprise.

« Sa capacité d'adaptation à des environnements divers a permis à notre entreprise d'étendre ses activités et de fournir aux clients du monde entier des produits de qualité. »

Il affirme que la Shepody à cycle court a permis aux agriculteurs et aux transformateurs canadiens de rivaliser avec leurs homologues américains sur le marché lucratif de la restauration rapide.



Don Young, Ph.D., sélectionneur de pommes de terre à la retraite du Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, a été décoré de l'Ordre du Canada en 2009 par la gouverneure générale du Canada, Michaëlle Jean, en reconnaissance de ses contributions à l'agriculture.

Ce marché n'en était encore qu'à ses débuts quand M. Young a rejoint le Centre de recherches en 1957.

Tandis que l'URSS lançait cette année-là le Spoutnik, sur Terre la « patate » décollait avec l'arrivée de nouvelles chaînes de restauration rapide et la demande croissante des consommateurs pour des produits pratiques.

« Nous cherchions à mettre au point des produits de transformation performants, et l'industrie de la pomme de terre nous a appuyés dès le début », se souvient M. Young. « Les agriculteurs et les transformateurs voulaient savoir quels types de pommes de terre faisaient les meilleures frites. »

M. Young s'est donc attelé en 1963 à un projet de recherche visant à déterminer quelles étaient les caractéristiques physiques et chimiques de la frite en ce qui a trait à la qualité. Pour ce faire, il a examiné une collection de 400 variétés de pommes de terre.

En 1967, un croisement a été effectué entre une pomme de terre du Centre, la F58050 et une variété mise au point par l'Université Cornell, la Bake King. Le résultat au champ s'annonçait prometteur.

Il s'agissait ensuite de cultiver et sélectionner les meilleurs plants.

Et de recommencer sans cesse.

La probabilité de trouver la super pomme de terre était aussi grande que celle d'être frappé par la foudre ou de gagner à la loterie.

« Au cours de ma carrière, j'ai étudié plus de trois millions de variétés pour trouver ce que je cherchais », raconte M. Young.

Il se réjouit encore aujourd'hui du résultat.

Selon lui, bien que la Shepody soit maintenant concurrencée par de nouvelles variétés, elle a procuré aux agriculteurs et aux transformateurs un avantage concurrentiel quand ils en avaient besoin.

« Le fait qu'elle mûrissait plus tôt et qu'elle était disponible six semaines avant la Russet signifiait que les agriculteurs pouvaient commencer à récolter à la mi-août et faire un peu d'argent avant que leurs Russet soient mûres », dit-il.

La Shepody demandait 10 à 20 pour cent moins d'azote que les autres variétés, ce qui permettait aux agriculteurs d'économiser sur le coût des engrais.

Pour les transformateurs, cela signifiait pouvoir obtenir des pommes de terre plus tôt dans l'année pour commencer leurs opérations.

« Cela leur permettait de prolonger leur saison », dit-il. M. Young garde de très bons souvenirs de ses travaux et du temps passé au Centre de recherches.

 $\mbox{``}$  C'était vraiment très amusant. Je pense que j'avais le meilleur boulot au Canada.  $\mbox{``}$ 

#### Les inventions de George Tai, Ph.D., ont permis d'exceller sur le marché de la frite

R ien ne vaut une bonne frite croustillante et dorée à l'extérieur, blanche et moelleuse à

Mais voilà 40 ans, les frites étaient la plupart du temps ramollies et huileuses, et on ne se préoccupait pas du fait que certaines étaient noircies.

C'est à ce moment que le généticien végétal George Tai, Ph.D. et l'ingénieur Gerry Meisner sont entrés dans la partie.

Ils travaillaient au Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada dans les années 1960, lorsque la restauration rapide a vraiment commencé à décoller en Amérique du Nord. Les hamburgers et les frites sont alors devenus les rois des mets à emporter.

« Nous avons assisté à cette montée soudaine de la demande pour les frites; le grand défi à l'époque était de trouver le bon type de pommes de terre pour la transformation », se souvient M. Tai, maintenant à la retraite.

« Si la chair n'est pas assez concentrée, la frite absorbe trop d'huile et elle n'est ni croustillante ni dorée. Si sa teneur en sucre est trop élevée, elle

Il fallait donc trouver des variétés de pommes de terre contenant moins d'eau et de sucre.

Il fallait aussi sortir des sentiers battus.

M. Tai, qui était spécialisé dans les céréales, admet qu'il « savait à peine à quoi ressemblait une pomme de terre » quand il a rejoint le Centre.

En collaboration avec Gerry Meisner, il a inventé le Gravitator, une simple machine à immersion servant à peser les pommes de terre dans l'eau et hors de l'eau. La machine calculait la quantité de matière sèche dans la pomme de terre en soustrayant la quantité d'eau, un calcul appelé gravité spécifique.

Ils ont ensuite utilisé une autre innovation de l'époque, l'ordinateur, pour calculer rapidement le pourcentage de matière sèche dans des centaines de variétés en fonction de leur gravité spécifique.

Les résultats de leurs travaux de recherche ont été publiés dans l'American Potato Journal et cette technique a été rapidement adoptée un peu partout dans le monde.

Mais pour M. Tai les choses ne se sont pas arrêtées là. Il a également mis au point pour la pomme de terre un test de mesure du niveau de glucose en 30 secondes en utilisant une bandelette semblable à celle utilisée par les diabétiques.

Cette technique est elle aussi devenue une norme de l'industrie.

Pour M. Tai, tout était une affaire de chiffres. Malgré



George Tai, Ph.D., avec le « Gravitator », simple appareil qui fut néanmoins une invention en or pour l'industrie de la pomme de terre frite.

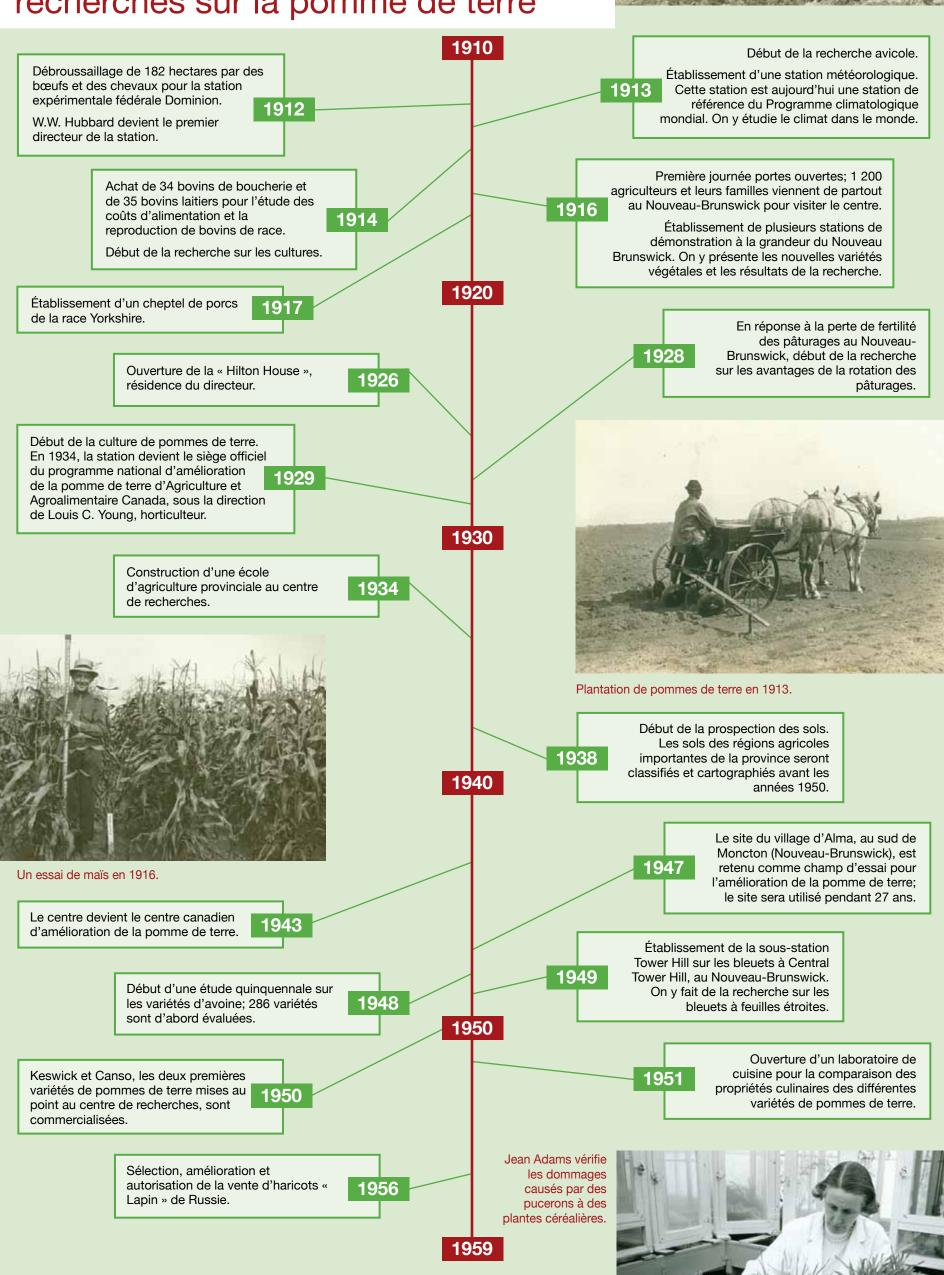
l'importance de ses inventions, sa contribution majeure à l'industrie a été la mise au point de méthodes statistiques pour mieux comprendre toutes les données recueillies sur la pomme de terre.

« Nous avons été des pionniers en matière de technologie », dit M. Tai. « C'est très satisfaisant de réaliser à quel point l'industrie a profité de ces travaux. »

#### Historique

# Historique du Centre de recherches sur la pomme de terre

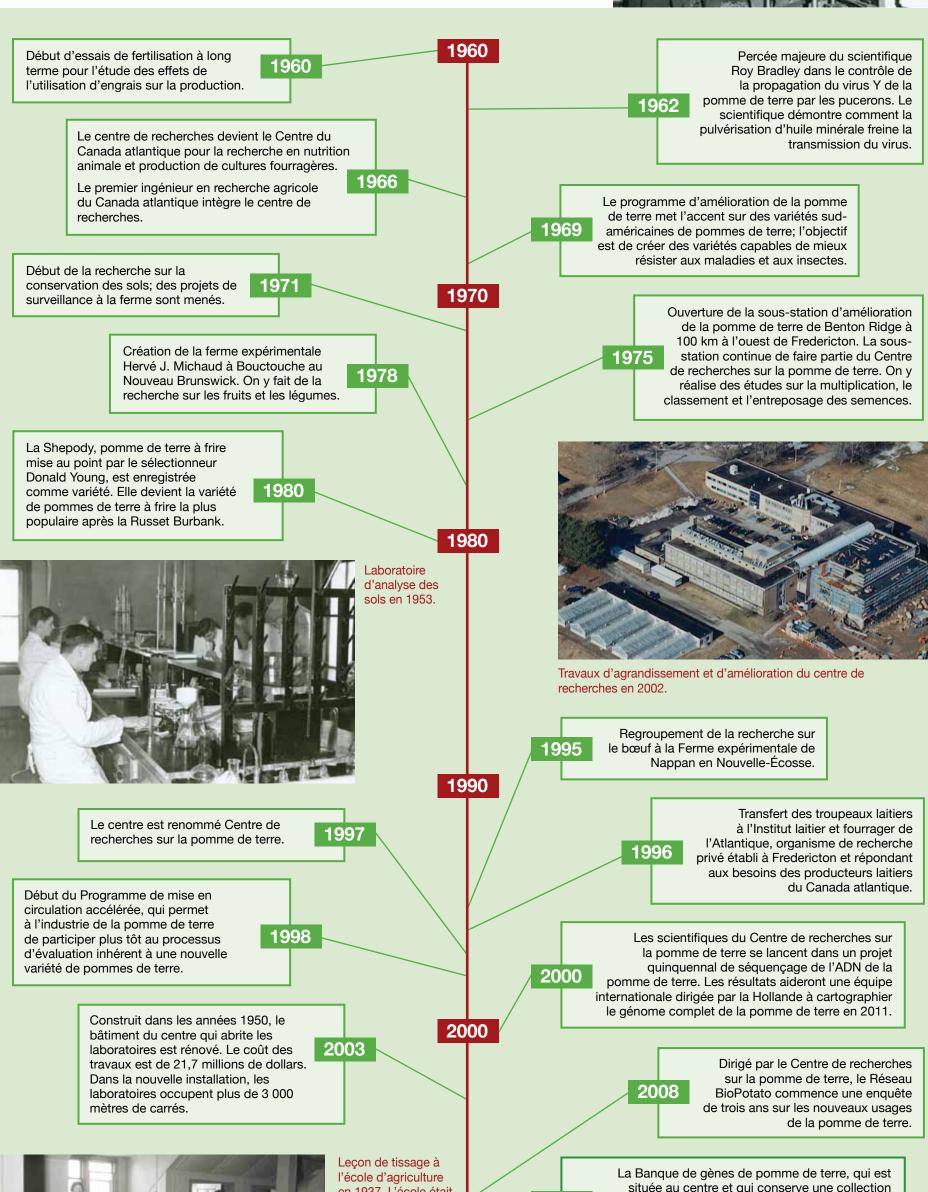
Défrichage d'une terre expérimentale en 1912.



#### Historique



Pesée d'agneaux.



l'école d'agriculture en 1937. L'école était située au centre de recherches.

2011

La Banque de gènes de pomme de terre, qui est située au centre et qui conserve une collection nationale de plus de 150 variétés de pommes de terre provenant du monde entier, est agrandie pour un montant de 500 000 dollars.

2011

#### Nouvelles orientations



a pomme de terre a d'abord été cultivée il y a 8 000 ans par les peuples autochtones de la cordillère des Andes.

Aujourd'hui, on en dénombre plus de 7 500 variétés, cultivées et sauvages.

C'est le principal produit alimentaire non céréalier du monde, cultivé dans plus de 100 pays, et la plus importante culture légumière au Canada.

Que peut-on lui demander de mieux?

Bien d'autres choses, répondent les coprésidents d'un organisme scientifique canadien qui a étudié pendant trois ans le potentiel de la pomme de terre au XXIe siècle

« Non seulement la pomme de terre possède un potentiel inexploité en tant qu'aliment sain, mais d'autres utilisations pourraient créer de nouveaux débouchés pour les producteurs », explique Helen Tai, Ph.D., une biologiste moléculaire d'Agriculture et Agroalimentaire Canada qui travaille au Centre de recherches sur la pomme de terre de Fredericton.

Avec Yvan Pelletier, Ph.D., un entomologiste qui travaille aussi au Centre, elle a présidé le Réseau BioPotato, un projet de recherche de trois ans qui s'est terminé en 2011 et auquel ont participé 32 chercheurs et autres experts provenant de 11 organismes de recherche fédéraux et provinciaux, d'universités et de l'Institut culinaire du Canada.

Le gouvernement fédéral a investi 6,5 millions de dollars dans le réseau dans le but de créer de nouveaux débouchés pour ce secteur dont la valeur atteint déjà plus de 6 milliards de dollars et qui emploie plus de 35 000 personnes.

« Nous savions que nous pouvions faire plus avec les pommes de terre que les bouillir, les réduire en purée, les cuire au four ou les frire, explique M. Pelletier. Nous voulions examiner la diversité et la complexité incroyables de la pomme de terre. »

Le groupe de chercheurs a appliqué les dernières avancées en matière de sélection, de génétique, de chimie et de sciences des matériaux à des variétés de pommes de terre cultivées dans le monde entier et à des variétés sauvages d'Amérique du Sud afin de trouver de nouvelles possibilités.

Le groupe a étudié toutes les parties de la pomme de terre – des tubercules aux fanes, des molécules les plus petites aux grands polymères d'amidon – en vue de mettre au point des produits santé et des produits pharmaceutiques, des méthodes de lutte antiparasitaire respectueuses de l'environnement et des plastiques biodégradables.

Les chercheurs ont trouvé dans les pigments naturels présents à des niveaux élevés dans certaines variétés des bienfaits pour la santé; ils ont mis au point de nouvelles variétés comportant des formes différentes d'amidon mieux tolérées par les diabétiques.

Une partie du financement a été utilisé pour acheter de l'équipement de pointe en vue d'appuyer la recherche et l'innovation. Un de ces instruments, utilisé pour un procédé appelé « extrusion réactive », a permis d'accélérer le développement de polymères à base d'amidon qui peuvent être utilisés dans les bioplastiques et autres matériaux industriels.

Le Centre de recherches sur la pomme de terre possède également un spectromètre de masse. Il a été utilisé pour étudier de petites molécules présentes dans les tubercules qui ont un effet bénéfique sur la santé humaine et des molécules présentes dans les fanes qui peuvent stimuler la résistance des plantes aux insectes et ainsi réduire l'utilisation de pesticides chimiques.

Mais pour Mme Tai, ce sont les partenariats créés au cours des travaux de l'équipe qui sont les plus importants.

- « Ce projet a permis de réunir des experts de différentes disciplines pour étudier la pomme de terre, dit-elle. Quand on réunit autant de points de vue, y compris celui d'un chef, les idées fusent.
  - « Ces collaborations vont se poursuivre. »

### Les pommes de terre pigmentées se font remarquer pour plus que leur apparence

Purée bleue. Frites rouges.

Croustilles de pommes de terre étoilées.

Attendez-vous à voir une véritable palette de couleurs dans un plus grand nombre de vos pommes de terre à l'avenir, à mesure que les scientifiques du Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada lancent des pommes de terre à pigmentation naturelle dans la production canadienne.

Il existe à l'heure actuelle des douzaines de variétés à chair pigmentée dans le monde. La plupart d'entre elles sont cultivées en Amérique du Sud, région d'origine de la pomme de terre.

Les couleurs – rouge, bleu, orange, jaune pâle et jaune foncé, violet et motifs étoilés de diverses teintes – sont tous des pigments naturels.

Les pommes de terre bleues sont un plat d'accompagnement favori dans des parties du Canada atlantique, en Europe et en Amérique du Sud depuis des générations, mais les pommes de terre pigmentées sont encore une nouveauté dans une grande partie de l'Amérique du Nord.

Cependant, les pigments éblouissants commencent à retenir l'attention, et pas seulement pour leur apparence.

Des éléments qui prouvent que ces pommes de terre ont une activité antioxydante trois fois plus élevée que les variétés blanches ordinaires suscite l'intérêt des consommateurs soucieux de leur santé.

Comme les bleuets et les épinards, les pommes de terre à chair pigmentée sont riches en flavonoïdes, notamment les anthocyanines et les composés phénoliques, composés moléculaires qui produisent la couleur et ont un effet antioxydant.

La capacité de ces flavonoïdes à neutraliser les radicaux libres qui détruisent les cellules dans le corps a été rattachée à des propriétés antivieillissement et à la prévention éventuelle des maladies du cœur et du sang et du cancer.

« Les gens aiment l'apparence des pommes de terre, mais ce qui les rend vraiment attrayantes, ce sont leurs bienfaits éventuels pour la santé », de déclarer Agnes Murphy, sélectionneuse de pommes de terre au Centre, qui élabore de nouvelles variétés pigmentées depuis 2003. Grâce à la reproduction sélective, l'équipe de Mme Murphy s'efforce d'accroître le niveau d'antioxydants, ainsi que la couleur, de nouvelles variétés de pommes de terre adaptées au climat canadien.

Les scientifiques du Centre de recherches sur la pomme de terre ont pour la première fois commencé à se tourner vers les variétés de pommes de terre pigmentées sud-américaines à la fin des années 1960. Au départ, ils s'intéressaient principalement au rendement et à la résistance aux insectes et aux maladies. On les a également utilisées pour étudier le caractère héréditaire de la pigmentation.

Cependant, au cours des 15 dernières années, les chercheurs ont découvert qu'il y a moins de maladies chroniques et de maladies dégénératives chez les populations qui mangent davantage de fruits et de légumes

Il s'est révélé que les bienfaits de la pomme de terre ne se situent pas seulement au plan de la nutrition. Elles comportent des bienfaits persistants pour la santé.

L'année dernière, une équipe de biochimistes canadiens qui travaille avec le Centre de recherches sur la pomme de terre a découvert que l'activité antioxydante des pommes de terre pigmentées qui protège la santé est de 35 p. 100 supérieure à celle des baies.

« Cela ne peut pas paraître grand-chose, mais les Canadiens mangent bien plus de pommes de terre que de baies, de déclarer Mme Murphy. C'est une autre source économique pour vous procurer ces propriétés bénéfiques pour la santé, en plus des bleuets dans vos céréales du petit-déjeuner ».

Cependant, passer de blanc à pigmenté est un processus qui prend du temps.

Parmi les centaines d'hybrides pigmentés que l'équipe de Mme Murphy a examinés, quatre ont subi six années d'essais rigoureux avant d'être diffusés pour l'évaluation commerciale.

Les sélections sont à présent évaluées par l'industrie afin de déterminer comment elles se comportent en champ et quel pourrait être leur potentiel commercial.

Une sélection à chair violette en est à sa deuxième année d'évaluation en champ exclusive et elle sera admissible à la délivrance



Agnes Murphy, sélectionneuse de pommes de terre.

de permis et à l'homologation si elle passe l'examen.

Mme Murphy a déclaré qu'il faudra probablement plusieurs années avant que ces nouvelles sélections soient dans les mains des producteurs et des horticulteurs, mais elle pense que les tubercules pigmentés ont un bel avenir devant eux.

« Ces pommes de terre on un aspect différent, elles sont amusantes à cuisiner et elles sont bonnes pour vous, déclare t-elle. Je pense que c'est une combinaison gagnante ».



#### Nouvelles orientations

#### Un chef prédit un brillant avenir à la pomme de terre de couleur

P armi les chimistes, les généticiens et d'autres experts scientifiques, le chef Allan Williams apporte un point de vue différent sur l'avenir de la pomme de terre.

M. Williams est un des chefs chercheurs du Canada's Smartest Kitchen, une cuisine-laboratoire de 3657 mètres carrés de l'Institut culinaire du Canada à Charlottetown, à l'Île-du-Prince-Édouard.

Grâce à sa collaboration avec le réseau BioPotato, il a pu créer des façons d'adapter les travaux du groupe – sur les bienfaits de certaines variétés de pommes de terre colorées sur la santé – à des produits alimentaires, afin que les consommateurs puissent profiter de ces bienfaits pour la santé.

Les chercheurs ont repéré une activité antioxydante dans les variétés à pelure colorée. Dans l'alimentation, on accorde aux antioxydants de nombreux bienfaits pour la santé, notamment la protection contre le cancer et la dégénérescence neuronale.

Parmi les préparations du chef Williams, citons

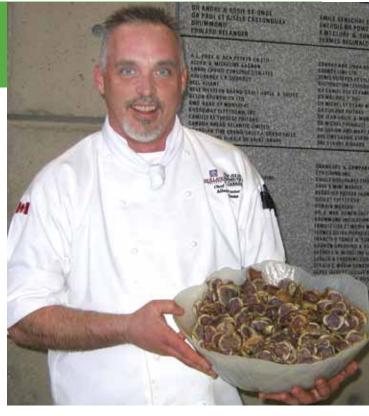
la pomme de terre sous forme de croustilles, en croquettes et dans la soupe.

Le groupe de recherche a également mis au point des granules de pomme de terre au niveau de composé bioactif élevé dont le chef s'est servi pour élaborer de nouveaux concepts culinaires.

Selon M. Williams, les granules constituent une façon pratique de faire entrer la pomme de terre dans le secteur de la transformation et dans la cuisine des consommateurs au rythme de vie effréné.

Mais au-delà de leur côté pratique, les granules, a-t-il ajouté, procurent aux aliments transformés ainsi qu'aux repas pris au restaurant et à la maison, le double avantage de la couleur et des bienfaits pour la santé.

« Ces pommes de terre sont belles, elles ont bon goût et leur arôme est agréable. Ce sont des caractéristiques que recherchent les consommateurs aujourd'hui, en plus des propriétés bénéfiques pour la santé », affirme M. Williams.



Le chef Allan Williams.

Son plat préféré à base de pommes de terre colorées? La purée de pommes de terre aux champignons.

Une pomme de terre amie des diabétiques

es sélectionneurs de pommes de terre au Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada ont peut-être trouvé une pomme de terre que les diabétiques peuvent aimer.

Le Centre de recherche a récemment distribué une pomme de terre amie des diabétiques à l'industrie de la pomme de terre pour qu'elle l'évalue davantage.

Les diabétiques ont habituellement été méfiants à l'égard des pommes de terre malgré leur valeur nutritive élevée. Les pommes de terre contiennent généralement un amidon rapidement digestible qui provoque une augmentation subite de la glycémie.

La nouvelle pomme de terre, qui n'est encore connue que par son nom expérimental AR-2012-04, est différente.

« Les pommes de terre sont une excellente source de nutrition, mais on a tendance à les considérer comme un mauvais aliment pour les diabétiques », d'expliquer M. Benoit Bizimungu, qui dirige l'élaboration de cette pomme de terre. « On signale que de nombreuses variétés ont des indices de glycémie élevés, ce qui signifie que le glucose pénètre rapidement dans le système sanguin. »

« L'avantage d'une pomme de terre comme celle-ci, qui présente un faible indice glycémique, est qu'elle ne provoque pas de montée subite de la glycémie. Au lieu de cela, le glucose est diffusé régulièrement dans le système sanguin. »

La découverte du faible indice glycémique de cette pomme de terre est le résultat d'un projet de recherche auquel ont participé le Centre de recherches de Lethbridge, le Centre de recherches sur la pomme de terre et le Centre de recherches sur les aliments de Guelph d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, l'Université de Toronto et l'Université de Guelph.

M. Bizimungu a dirigé une équipe de phytogénéticiens, de scientifiques en produits alimentaires, de biologistes moléculaires, de scientifiques de la nutrition et de spécialistes de la production de végétaux pour chercher les facteurs génétiques et environnementaux qui pourraient aboutir à la sélection et à la production de la pomme de terre convenant mieux aux diabétiques.

Parmi les 100 variétés et sélections de reproduction de départ, le groupe a choisi quelques douzaines pour les tester davantage. L'évaluation comprenait des essais sur des êtres humains pour mesurer l'effet que la consommation de différentes pommes de terre aurait sur la glycémie.

À la suite de ce travail, M. Bizimungu déclare que les chercheurs ont déterminé plusieurs variétés et souches généalogiques de pommes de terre qui contiennent la fibre alimentaire souhaitable, lentement digestible et résistante à l'amidon qu'ils recherchent.

M. Bizimungu déclare qu'AR-2012-04 n'arrivera pas sur les étagères des magasins avant plusieurs années. Mais les pommes de terre présentant un indice glycémique plus faible pourraient être en cours de route.





Le doryphore de la pomme de terre est friand de feuilles de pommes de terre. Cependant, il s'avère que les feuilles de six variétés de pommes de terre sauvages d'Amérique du Sud ne sont pas vraiment au menu pour cet insecte. Les chercheurs du Réseau BioPotato ont déterminé que l'insecte le plus nuisible aux cultures de pommes de terre n'aime pas ces variétés en raison de certains produits chimiques naturels contenus dans les feuilles. On peut tirer des extraits des feuilles et en faire un biopesticide dont l'ingrédient actif est un composé chimique naturel. Les variétés sauvages, qui ressemblent à des plants de tomates aux feuilles plus petites que celle d'un plant de pommes de terre normal, sont actuellement cultivées au Centre de recherches sur la pomme de terre. Les variétés sauvages sont croisées avec les variétés cultivées en vue de créer une variété qui aura un bon rendement dans le climat canadien.

#### La pomme de terre et le plastique

I se peut que dans l'avenir, la pomme de terre ne soit pas seulement un des différents légumes que vous consommez, mais qu'elle serve à la fabrication du sac de plastique avec lequel vous la transportez.

Le réseau BioPotato, équipe de chercheurs de l'Université McMaster et du Centre de recherches d'Agriculture et Agroalimentaire Canada de Guelph, en Ontario, a amélioré le processus de fabrication du bioplastique biodégradable à partir de la fécule de pomme de terre. À l'échelle de la planète, on estime qu'il se consomme annuellement 500 milliards de sacs de plastique, dont nombre d'entre eux aboutissent dans les sites d'enfouissement. Le bioplastique peut contribuer à réduire la quantité de déchets de matières plastiques, car il est compostable, mais on devra lui apporter des améliorations si l'on veut qu'il soit concurrentiel.

L'équipe a examiné des techniques permettant

d'ajouter un mélange de fécule de pomme de terre et d'autres polymères au processus de fabrication du bioplastique, d'améliorer la qualité du plastique et de réduire les coûts de production.

De plus, elle a réussi à résoudre un des problèmes que pose le plastique conçu à partir de la fécule de maïs – sa sensibilité à l'humidité – par l'ajout de paraffine biodégradable.

Grâce à ces innovations, le bioplastique devient plus concurrentiel que le plastique traditionnel, à base de pétrole.

Les phytogénéticiens du Centre de recherches sur la pomme de terre ont déjà mis au point de nouvelles variétés de pommes de terre à plus forte teneur en fécule que les variétés normales. Il n'est pas impossible que la demande de plastique biodégradable crée de nouveaux débouchés dans le marché des producteurs de pommes de terre.

#### Environnement

# La science met au jour dans le sol un monde vivant et fourmillant de potentiel

a méthode porte le nom de « séquençage haut débit » et elle permet d'explorer l'une des dernières régions inconnues de notre monde.

L'océan? L'espace?

Non. Le sol.

« Il s'agit de la dernière frontière », déclare la biologiste moléculaire Claudia Goyer, tenant à la main une poignée de terre dans son laboratoire du Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. « Dans un gramme de terre, il y a littéralement des millions d'organismes, et nous ignorons presque tout sur la plupart d'entre eux ».

Mais cela est en train de changer. Mme Goyer, Ph.D., utilisera bientôt un instrument, appelé « séquenceur haut débit », et des applications informatiques puissantes pour extraire de nouvelles données du sol.

L'instrument en question analyse des échantillons d'ADN du sol et révèle un monde densément peuplé de bactéries, de champignons, d'archaebactéries, d'insectes et d'autres micro-organismes.

Il s'agit d'une collectivité miniature qui, à l'avenir, pourra aider les agriculteurs financièrement en accroissant le rendement des cultures et en réduisant le recours à l'engrais, aux fongicides et aux insecticides.

Parallèlement, la vie dans le sol pourrait faire de l'agriculture une industrie plus respectueuse de l'environnement.

« Nous savons que nous pouvons changer et influencer ces populations établies dans le sol », affirme Mme Goyer. « Par exemple, nous pouvons créer des conditions où certaines de ces populations peuvent attaquer les agents pathogènes à l'origine des maladies ou même les empêcher de s'établir dans le sol en premier lieu ».

Mme Goyer a récemment démontré cette évolution en découvrant un bacille dans le sol. La bactérie empêche la propagation d'une autre bactérie appelée Streptomyces qui provoque la gale commune.

La gale commune porte bien son nom. La bactérie responsable de cette maladie infecte la pomme de terre en passant par les ouvertures naturelles de la peau et elle provoque des lésions brunes et rugueuses qui la rendent invendable.

Une fois dans le sol, il est difficile de lutter contre la gale commune et de l'éliminer. Elle représente un casse-tête pour les producteurs de pommes de terre. L'idée que le sol puisse combattre lui-même la maladie est attrayante.

Lorsque le Centre de recherches sur la pomme de terre a ouvert en 1912, les prédécesseurs de Mme Goyer voyaient aussi, selon elle, le sol comme un monde vivant. Cependant, ils n'avaient pas les outils qui auraient pu leur permettre d'apercevoir toute la vie qui se déroule dans la couche arable.

« Essentiellement, tout ce qu'ils pouvaient faire vraiment était dissoudre un échantillon de sol dans un liquide, remuer et voir ce qu'ils arrivaient à compter à l'œil nu ou en utilisant les microscopes de l'époque. »

« Il était impossible pour eux de distinguer la plupart des choses contenues dans le sol. »

Le séquenceur haut débit décortique l'ADN de tous les organismes contenus dans le sol, produisant des millions et des millions de données génétiques.

L'ordinateur assemble ensuite les pièces du

casse-tête, comparant les souches génétiques aux organismes déjà connus et mettant en évidence les éléments inconnus.

« Si l'on prend l'exemple d'une photographie, on peut maintenant voir dans le sol avec une résolution encore jamais atteinte », explique Mme Goyer. « On trouve des formes de vie dont on ne soupçonnait pas l'existence ».

Cette façon d'explorer en profondeur est l'avenir de la science du sol, selon elle.

À l'heure actuelle, le séquençage haut débit doit être effectué par de gros séquenceurs au Québec ou en Ontario.

Mais grâce aux progrès de la science, de nombreux laboratoires pourraient bientôt être équipés de séquenceurs haut débit de la taille d'un four à micro-

« Il nous reste tant à apprendre sur le sol », affirme Mme Goyer. « Nous vivons à une époque passionnante. »



Claudia Goyer, Ph.D., qualifie le sol de « dernière frontière »

# Tels des mécaniciens dans une station-service, les chercheurs examinent ce qui se trouve « sous le capot » de la pomme de terre

orsque vous voulez vérifier l'état de votre voiture, vous l'amenez au garage et on la branche à un ordinateur. Tout est mesuré, des niveaux de fluide à la charge électrique de la batterie.

Bernie Zebarth, Ph.D., pense qu'un jour ce sera plus ou moins la même chose pour les plants de pommes de terre.

Pédologue au Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, M. Zebarth travaille à l'élaboration d'une épreuve de diagnostic permettant de mesurer l'activité d'un gène particulier du tissu foliaire afin de prédire le moment où un plant a besoin de plus d'azote, un élément chimique nécessaire à la photosynthèse et à la croissance des plants.

« En gros, c'est le plant qui nous dit comment il va », précise M. Zebarth, qui a mis au point cette épreuve d'expression génique avec la biologiste moléculaire Helen Tai.

Cette information pourrait permettre aux agriculteurs d'économiser sur le coût des engrais et de réduire le risque pour l'environnement que représentent les nitrates lorsque trop d'azote est lessivé dans les eaux souterraines.

Le gène étudié par les deux chercheurs est appelé « gène transporteur ». Il tire l'azote du tissu foliaire pour l'amener vers les zones qui en ont besoin.

Pour réaliser l'épreuve permettant de détecter l'activité du gène, M. Zebarth utilise une perforatrice afin de prélever un échantillon sur une feuille d'un

plant de pommes de terre.

Le gène est activé lorsque le niveau d'azote du plant est faible; il permet au plant de produire les protéines nécessaires pour apporter plus d'azote là où il en a besoin.

Ils ne savent toujours pas exactement comment fonctionne le gène, mais ils savent que lorsque l'activité du gène est grande, celui-ci signale au plant qu'il a besoin de plus d'azote.

« C'est comme l'élément d'un thermostat de maison, explique M. Zebarth. Quand la maison est trop froide, l'élément déclenche le chauffage. »

Bien que ces travaux n'en soient qu'à leurs débuts, l'information recueillie pourrait permettre aux agriculteurs de déterminer beaucoup plus précisément leurs besoins en engrais.

« La difficulté à laquelle font face les agriculteurs est que leurs besoins en azote changent d'année en année et d'un champ à l'autre, précise M. Zebarth. Notre objectif est d'adapter la quantité d'azote nécessaire aux besoins du plant. »

Le chercheur pense qu'il s'agit d'une première étape pour la mise au point d'une épreuve de diagnostic permettant de mesurer toute une gamme de stress auxquels sont soumis les plants et de fournir une indication générale de la santé d'une

« Nous utilisons en ce moment l'expression génique pour étudier l'azote, mais rien n'empêche d'appliquer cette technique à l'étude d'autres stress, des dommages causés par l'ozone pour ce qui est du potassium, en passant par la sécheresse.

« Nous avons encore beaucoup de chemin à parcourir, mais je pense que l'avenir est là. »

Bernie Zebarth, Ph.D., prélève un échantillon d'un plant de pomme de terre pour en mesurer les besoins en azote.



#### **Environment**

#### Un examen plus détaillé du comportement des insectes permet d'obtenir de nouvelles connaissances sur la lutte antiparasitaire

ans le laboratoire de M. Yvan Pelletier, Ph.D., un puceron à peine visible mange une feuille de pomme de terre connectée à un amplificateur électronique. Un filament d'or plus fin qu'un cheveu est collé sur son dos. Chaque fois que la bouche du puceron touche la feuille, une ligne sur un écran d'ordinateur bouge.

À l'extérieur, M. Gilles Boiteau, Ph.D., porte un dispositif radar portatif sur ses épaules. Il suit un doryphore de la pomme de terre dans un champ de pommes de terre. Un petit fil collé sur le dos de l'insecte indique son emplacement.

Voici les méthodes utilisées pour effectuer des recherches sur les ravageurs en agriculture du 21e siècle, où un regain d'intérêt pour le comportement des insectes change la signification des dispositifs de surveillance.

M. Pelletier et M. Boiteau sont des entomologistes du Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Leur travail permet de mieux comprendre les déplacements et les habitudes d'insectes qui entraînent des pertes de production annuelles d'environ 5 milliards de dollars dans le secteur des pommes de terre partout dans le monde.



Gilles Boiteau, Ph.D., et son appareil radar portable.

« Nous examinons de nouveau un domaine de recherche qui était populaire il y a environ 50 ans, déclare M. Pelletier. Toutefois, nous disposons d'une meilleure technologie de surveillance et nous comprenons mieux le comportement des insectes grâce aux recherches sur leur physiologie. »

M. Boiteau est d'accord. Il a été embauché par le Centre en 1979 en raison de ses connaissances sur la lutte intégrée. Dans le cadre de cette lutte, on utilise les connaissances sur le comportement des insectes, on surveille régulièrement leur population et on utilise différentes techniques de lutte pour minimiser les pertes de production tout en minimisant l'empreinte écologique de ces techniques de lutte antiparasitaire.

Ces méthodes de lutte peuvent comprendre des pièges, des treillis et des fossés autour des champs pour attraper les insectes qui marchent sur le sol.

Il affirme, à propos de la technologie de surveillance: « Selon moi, c'est l'avenir. Nous devons examiner plus en profondeur comment ces insectes se déplacent dans les champs et dans le reste du paysage agricole. »

M. Boiteau a commencé à surveiller le doryphore de la pomme de terre il y a 12 ans.

Le doryphore, qui a la forme d'une coccinelle avec des rayures noires et jaunes, est un des insectes qui nuisent le plus aux cultures de pommes de terre. Les insectes adultes et les larves mangent les feuilles du plant.

M. Boiteau a travaillé avec Cadmi Microelectronics, une entreprise du secteur de l'électronique de Fredericton, et avec M. B. G. Colpitts, Ph.D., de la faculté de génie électrique et de génie informatique de l'Université du Nouveau-Brunswick pour mettre au point un radar de surveillance portatif. Une diode collée sur le dos du puceron émet un signal qui peut être capté par un radar à plus de 30 mètres de distance.

« Cela peut paraître excentrique, mais c'est révélateur », affirme M. Boiteau.

 Nous apprenons combien de temps les pucerons passent sur les plants ainsi que la fréquence et la longueur de leurs déplacements. Plus nous obtenons de renseignements sur leur dispersion, plus nos mesures de lutte seront efficaces. »

Les chercheurs ont aussi compris que le puceron, non-indigène au Canada, a appris rapidement à s'adapter aux hivers canadiens.

Avant l'hiver, lorsque la température baisse, le repérage.



Yvan Pelletier, Ph.D., repère des pucerons qui se nourrissent de feuilles de pomme de terre.

corps du puceron produit un composé chimique qui agit comme un antigel. Ensuite, le puceron creuse un trou dans la terre le long des champs de pommes de terre pour y passer l'hiver.

M. Boiteau précise qu'il peut tolérer des températures allant jusqu'à -7 degrés Celsius.

M. Pelletier continue également d'en apprendre plus sur les pucerons.

Son écran est conçu de manière à voir exactement l'endroit de la feuille où les pucerons trouvent le virus, soit le virus Y de la pomme de terre (PVY).

Ce sont surtout les pucerons qui transmettent le virus des plants infectés aux plants sains.

Il y a cinquante ans, M. Roy Bradley, Ph.D., un autre scientifique du Centre, a découvert que le fait d'arroser les plants de pommes de terre avec de l'huile minérale permettait de réduire considérablement la transmission du PVY.

Dans le cadre de ses activités de surveillance, M. Pelletier peaufine actuellement cette mesure préventive pour avoir une mesure plus précise de la quantité d'huile minérale nécessaire et déterminer de quelle façon l'appliquer.

Au même moment, il dit que les progrès dans le domaine des méthodes moléculaires aident les chercheurs à comprendre la propagation du PVY. Grâce à ces renseignements, on pourrait appliquer des mesures de lutte adaptées à des espèces précises pour assurer une efficacité optimale.

M. Pelletier dit: « Nous pouvons maintenant déterminer si un puceron pris dans un de nos pièges a mangé des feuilles de pommes de terre infectées par le PVY. »

Toutefois, malgré les progrès dans le domaine de la science, il a fallu régler des problèmes pratiques pour pouvoir continuer à étudier les insectes.

Trouver une méthode pour coller la diode sur le dos de l'insecte sans limiter ses déplacements constituait un des éléments les plus difficiles du projet de radar pour le doryphore de la pomme de

> M. Boiteau précise : « Il s'agit de très petits insectes avec une carapace cireuse. Nous avons travaillé pendant environ quatre mois d'essai et erreur et essayé différentes tailles d'antennes et différents adhésifs avant de trouver une combinaison qui fonctionnait. »

Un doryphore de la pomme de terre qui porte un dispositif de



#### L'huile, une bonne astuce La découverte de Roy Bradley voilà 50 ans a permis de sauver d'innombrables récoltes de pommes de terre

neanmoins causer de gros problemes aux agriculteurs et aux jardiniers du monde entier.

Mais grâce à une habile découverte de M. Roy Bradley il y a 50 ans, la capacité du puceron à propager un virus majeur de la pomme de terre appelé virus Y a été fortement réduite.

Le virus en question affaiblit les plants et réduit le nombre et la taille des pommes de terre qu'ils produisent. Il peut aussi laisser des marques sur les pommes de terre, ce qui les rend invendables. Dans les cas graves, le virus Y peut entraîner une perte totale des récoltes.

M. Bradley était phytopathologiste au Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada en 1962 quand il a publié un article décrivant comment enrayer la capacité du puceron à propager le virus Y des plants infectés vers les plants sains.

Sa solution consistait à pulvériser sur les plants

e la taille d'une tête d'épingle, le puceron peut de l'huile minérale. Cette méthode de prévention est maintenant utilisée partout dans le monde.

> Cette idée est venue á M. Bradley lorsqu'il a compris comment le petit insecte semi-transparent contractait le virus.

« Nous savions que les pucerons étaient responsables de la transmission du virus, mais peu de recherches avaient été faites sur la façon dont ils le propageaient et sur les moyens de le combattre », se souvient-il. « J'étais fasciné. »

Grâce à une méthode de grossissement, il a pu observer comment les pucerons utilisaient une « bouche » mince comme de la paille appelée stylet pour perforer les feuilles et les tiges du plant et en

« J'ai découvert que les pucerons transportaient le virus sur le bout de leur stylet quand ils se déplaçaient vers d'autres plants », raconte M. Bradley.

Il a aussi constaté qu'une mince couche d'huile sur

le plant empêchait le puceron de contracter le virus.

« La pulvérisation des plants avec de l'huile minérale réduisait la transmission à un niveau très faible », explique M. Bradley. « En combinant cette technique avec de bonnes pratiques agricoles, il est possible de garder le niveau de transmission au

Pour Yvan Pelletier, Ph.D., entomologiste au Centre de recherches sur la pomme de terre, la découverte de M. Bradley est encore de nos jours à la base de la

« Il est encore fréquemment cité », dit-il. « Cette solution ne fonctionne pas à 100 pour cent, mais elle s'en approche si on la combine avec d'autres méthodes comme l'utilisation de semences non

Nous travaillons maintenant à déterminer quelle est l'action de l'huile et comment elle interagit avec le virus et les pucerons afin d'en optimiser l'efficacité. »

#### Environment

#### Comment un rappel de l'ère atomique aide les agriculteurs à protéger l'eau dans la région de culture des pommes de terre du Nouveau-Brunswick

es restes non toxiques de la période d'essais nucléaires des années 1960 font partie d'une empreinte écologique qui permet d'avoir de l'eau plus propre et d'adopter de meilleures pratiques environnementales dans la région de culture des pommes de terre du Nouveau-Brunswick.

M. Glenn Benoy, Ph.D., utilise la présence de l'isotope radioactif Cs-137 pour trouver la source des sédiments et des contaminants des voies d'eau du bassin hydrographique Black Brook, qui compte 1 450 hectares, dans le Nord-Ouest de la province.

L'isotope radioactif Cs-137 a été émis dans l'atmosphère pendant les essais d'armes nucléaires des années 1960 et s'est déposé sur le sol partout dans le monde. Depuis ce temps, il a été couvert ou redistribué par suite de l'érosion du sol et du travail du sol au cours des 50 dernières années.

Selon M. Benoy, spécialiste de l'environnement d'Environnement Canada et d'Agriculture et Agroalimentaire Canada qui travaille au Centre de recherches sur la pomme de terre, « il n'est pas dangereux. L'intensité du rayonnement de l'isotope radioactif Cs-137 que nous mesurons correspond au niveau de retombées radioactives mesurées partout dans le monde ».

« Il s'agit d'un élément indicateur ou d'un traceur intéressant pour nous parce que nous pouvons l'utiliser pour déterminer les sols et les sédiments des terres cultivées, affirme-t-il. En ce qui concerne le sol dans les plaines inondables et les sédiments dans les voies d'eau, cet élément nous aide à déterminer si la contamination de la source découle des activités humaines, y compris l'agriculture, ou de processus naturels. »

Le niveau de rayonnement de l'isotope Cs-137 est tellement faible qu'il est nécessaire de bloquer toutes les autres sources de rayonnement ambiant et ainsi pouvoir détecter l'isotope radioactif Cs-137. Par conséquent, les échantillons de sol sont analysés dans un coffre plombé d'une tonne aux parois de plomb recouvertes de cuivre.

Benoy utilise la présence de l'isotope radioactif Cs-137 et des caractéristiques physiques détaillées telles que la taille et la forme des particules de sédiments des systèmes de ruisseaux et rivières pour créer une empreinte écologique.

Ensuite, on compare l'empreinte ou le profil à un ensemble d'empreintes écologiques des sols des champs cultivés, des forêts, de la surface des routes et d'autres terrains à l'échelle du bassin hydrographique pour trouver la source de contamination et l'endroit où elle s'est retrouvée dans l'eau.

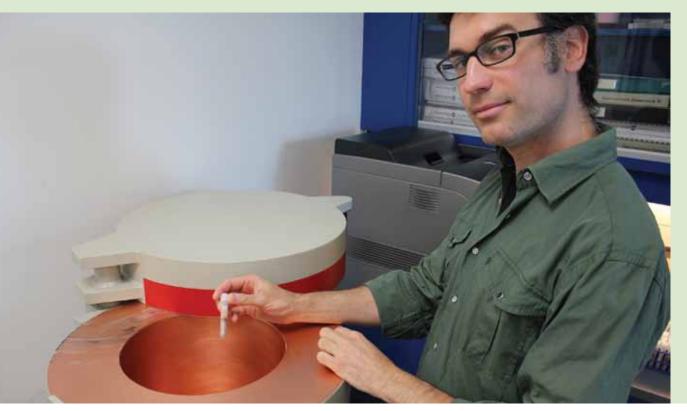
M. Benoy affirme: « Tout matériel qui se retrouve dans une voie d'eau a une signature chimique et physique qui témoigne de son origine. »

« Certains types de contamination ne découlent pas des terres agricoles. En réalité, les recherches indiquent qu'une grande partie de la contamination provient d'autres sources. »

Ces renseignements aident les agriculteurs et d'autres utilisateurs du bassin hydrographique à améliorer leurs pratiques environnementales et à élaborer des stratégies de production durables plus efficaces.

Parmi les partenaires du projet, mentionnons Agriculture et Agroalimentaire Canada, Environnement Canada, l'Université du Nouveau-Brunswick et l'association agricole Pommes de terre Nouveau-Brunswick.

Glenn Benoy, Ph.D., s'apprête à analyser la teneur d'un échantillon de sol en Cs-137, un radioisotope qui aide les chercheurs à localiser avec précision l'érosion du sol.



### Un virologiste aide les agriculteurs à avoir une longueur d'avance sur un virus de la pomme de terre aussi fluctuant que la grippe

. Xianzhou Nie, Ph.D., voit le virus Y comme la version « pomme de terre » de la grippe. Il revient chaque année, mais il est toujours un peu différent

S'il s'agit de la grippe pour le plant de pommes de terre, c'est un véritable casse-tête pour les agriculteurs, qui risquent de perdre la plus grande partie de leur récolte à cause d'une souche ravageuse.

Au Canada, il existe une demi-douzaine de maladies virales importantes pouvant affecter une récolte de pommes de terre. Les maladies du groupe dans lequel se trouve le virus Y sont parmi les plus destructives.

Depuis son ouverture à Fredericton en 1912, le Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada étudie les maladies de la pomme de terre. Et depuis un siècle, les objectifs sont les mêmes : identifier la maladie, lutter contre celle-ci, réduire les dégâts et mettre au point de nouvelles variétés de pommes de terre capables de résister de façon naturelle à la maladie.

Mais le virus Y constitue un défi que les chercheurs continuent de relever de nos jours, car les virus changent.

Le virus Y est présent partout dans le monde. Il est transmis par des pucerons à partir de plants infectés. Un plant infecté perd de sa vigueur et produit peu; les pommes de terre récoltées sont en outre de petite taille. Une souche ravageuse du virus Y, appelée Yntn, laisse aussi des tâches nécrotiques en forme d'anneaux sur certaines variétés de pommes de

terre, ce qui rend invendables.

Si un plant est infecté par un virus, il n'y a aucun remède; le meilleur moyen d'atténuer les effets du virus est d'utiliser des semences non contaminées.

Dans son laboratoire, le M. Nie, Ph.D., étudie la composition moléculaire du virus Y pour voir ce qui le fait réagir et comment il évolue.

Son collègue, M. Rudra Singh, Ph.D., et lui ont été les premiers chercheurs dans le monde à mettre au point une méthode diagnostique qui permet de différencier les différentes souches du virus Y. Cette méthode est maintenant utilisée partout dans le monde.

« Il existe aujourd'hui de nombreuses souches du virus, dont les caractéristiques et propriétés varient »,



dit M. Nie. « Nous devons bien connaître toutes les souches parce que les variétés de pommes de terre réagissent différemment en présence de chacune ».

Ses bulletins sur les dernières souches sont transmis à l'Agence canadienne d'inspection des aliments et aux agriculteurs pour qu'ils puissent détecter au champ les symptômes du virus.

M. Nie collabore aussi avec des entomologistes au Centre de recherches afin d'identifier les espèces locales de pucerons et d'autres insectes responsables de la propagation du virus. Les agriculteurs peuvent empêcher les insectes de transmettre le virus aux plants non infectés en pulvérisant de l'huile minérale sur les cultures.

Mais la meilleure solution reste la mise au point de nouvelles variétés de pommes de terre résistantes au virus.

L'année dernière, le Centre de recherches a mis sur le marché une nouvelle variété de pommes de terres capable de résister en partie au virus Y. Cette variété est actuellement mise à l'essai par des sélectionneurs de l'industrie de la pomme de terre.

« Nos sélectionneurs de pommes de terre ont déjà fait beaucoup de chemin », affirme M. Nie. « Un jour, nous aurons des variétés de pommes de terre dotées d'une résistance féroce au virus Y. »

Xianzhou Nie, Ph.D., était l'un des premiers chercheurs au monde à mettre au point une méthode diagnostique permettant de différencier les différentes souches de PVY, un groupe de virus pouvant ravager les cultures de pommes de terre.

#### Nouveau point de vue sur qualité de l'eau

erban Danielescu, Ph.D., donne une nouvelle dimension à la science de la protection de la qualité de l'eau dans les zones agricoles.

Hydrologue à Agriculture et Agroalimentaire Canada et à Environnement Canada, M. Danielescu emploie une technologie d'avant-garde pour examiner plus à fond l'impact de la production agricole sur la qualité de l'eau dans le bassin hydrographique de Black Brook. Ce bassin hydrographique, majoritairement constitué de zones agricoles, se trouve au cœur de la zone de culture de la pomme de terre dans le Nord du Nouveau-Brunswick.

« Le prélèvement d'échantillons à la surface de l'eau est révélateur, mais cette technique ne permet pas d'en apprendre davantage sur la façon dont l'eau circule sous la surface ni sur l'endroit où se cache la contamination, au fond de l'eau », explique Danielescu.

Ces travaux, qui s'inscrivent dans le cadre d'une collaboration à long terme entre Agriculture et Agroalimentaire Canada et Environnement Canada, visent à regrouper des chercheurs éminents, autant du côté du gouvernement que de l'extérieur, afin que les agriculteurs du Canada atlantique puissent protéger la qualité de leur eau sans que cela nuise à la productivité. L'équipe compte aussi des chercheurs de l'Université du Nouveau-Brunswick, du Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est du Canada, du Collège d'agriculture de la Nouvelle-Écosse et du gouvernement provincial.

« Nous mettons au point des modèles nous permettant d'effectuer des simulations pour surveiller et étudier la quantité et la qualité de l'eau à partir du moment où elle atteint la surface du sol jusqu'à ce qu'elle se mélange à l'eau souterraine et par la suite se déverse dans les eaux côtières ou dans d'autres plans d'eau », raconte Danielescu.

« Une fois que ces modèles auront été mis au point, nous pourrons jouer avec les différents scénarios. Que se passe-t-il quand on élimine les pesticides? Qu'arrive-t-il si les changements climatiques modifient le régime des précipitations? »

Pour recueillir certaines données obtenues à l'aide d'un géoradar, M. Danielescu collabore avec l'Université du Nouveau-Brunswick. L'équipement ressemble à une machine industrielle pour laver les planchers. Grâce à des impulsions radars pénétrant à 10 mètres de profondeur dans le sol, cette machine reproduit en images les structures stratifiées du sol, de l'argile, du roc et de l'eau. On parvient ainsi à repérer les couches où l'eau s'accumule dans le sol.

« Le sol en dessous, commente M. Danielescu, est comme une éponge. L'eau est retenue dans les pores de ce sous-sol. Mais l'éponge en question est dotée de longs et sinueux tunnels qui, à l'image d'un pipeline naturel, déplacent l'eau de tout le bassin hydrographique qui remonte à la surface dans les ruisseaux et les autres voies navigables. »

Pour observer ce flux d'un peu plus près, M. Danielescu et son équipe ont creusé un trou dans le sol dans lequel ils ont fait descendre une caméra vidéo miniature, ce qui permet de repérer plus facilement les fissures et les tunnels transportant l'eau.

« À l'aide de cette méthode, nous parvenons à repérer des fractures spécifiques, raconte M. Danielescu. C'est important, car nous devons nous songer aux conséquences à long terme de la contamination de l'eau. »

Les recherches de l'équipe, combinées aux travaux des collègues du Centre de recherches sur la pomme de terre et à ceux de l'hydrologue Sheng Li, un autre collègue, sont mises à profit pour préconiser de meilleures pratiques environnementales à la ferme et ainsi protéger la qualité de l'eau.

« Nous essayons de faire en sorte que les décideurs, notamment les agriculteurs, disposent des meilleurs outils possible », explique M. Danielescu.



L'hydrologue Serban Danielescu, Ph.D., avec une carotte de forage. Grâce à la nouvelle technologie, la science de l'analyse de la qualité de l'eau devient souterraine.

#### Un tournant décisif pour l'agriculture et l'environnement

orsque la terre de vos champs ne cesse d'être emportée par l'eau, vous savez que vous devez trouver un moyen plus efficace pour freiner l'érosion du sol.

C'est la situation à laquelle était confronté Alyre Poitras voilà plusieurs années. Il a alors décidé de participer à un projet environnemental dans le bassin hydrographique du ruisseau Black, situé dans la zone de culture de la pomme de terre au nord du Nouveau-Brunswick.

Le bassin hydrographique du ruisseau Black est l'un des neuf bassins versants canadiens étudiés par Agriculture et Agroalimentaire Canada dans le cadre du projet Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques.

Lancé en 2004, le projet a pour but d'étendre la portée de la recherche environnementale dans le domaine de l'agriculture, jusque-là limitée aux petites parcelles et aux essais au champ, à l'examen des coûts et des avantages, pour la qualité de l'eau, du contrôle de l'érosion hydrique à la ferme dans l'ensemble des 1 450 hectares qui composent le bassin hydrographique du ruisseau Black.

M. Poitras a proposé aux chercheurs d'utiliser son exploitation agricole de Saint-André, spécialisée dans la culture de la pomme de terre, pour effectuer des essais. Pour empêcher le sol d'être lessivé dans les cours d'eau environnants, il avait terrassé ses champs et gazonné les voies d'eau de son exploitation.

contanon. Cette méthode a fonctionné.

« Je ramassais en général chaque année quatre ou cinq chargements de terre qui avait été lessivée par les eaux, raconte-t-il. Maintenant, je ramasse moins d'un chargement tous les cinq ans. »

C'est le genre d'histoires qu'aime entendre Sheng Li, Ph.D., hydrologue au Centre de recherches sur la pomme de terre, qui s'est joint au projet l'an dernier.

« Nous tentons de mieux comprendre les mouvements de l'eau et comment gérer plus efficacement l'eau qui circule sur une exploitation agricole », explique-t-il.

Ces travaux pourraient s'avérer plus importants que jamais alors que les changements survenus

dans les régimes climatiques provoquent davantage de fortes tempêtes de pluie dans la région. L'érosion hydrique qui affecte les 1 450 hectares du bassin hydrographique du ruisseau Black est l'une des plus importantes au Canada.

Dans ce paysage parsemé de collines et de quelques pentes abruptes, le sol en mouvement charriait parfois des quantités élevées de sédiments et d'éléments nutritifs dans le ruisseau et les petits cours d'eau qui sillonnent la région. Environ 65 p.100 du bassin hydrographique sont composés de terres agricoles et environ la moitié d'entre elles servent à la culture de la pomme de terre.

Des stations et des outils de surveillance ont été mis en place dans les cours d'eau afin de mesurer la quantité d'eau qui s'écoule du bassin versant et d'en analyser le contenu.

« Cela nous permet de prélever des échantillons dans les cours d'eau, que nous analysons ensuite pour déterminer la quantité de sédiments et d'éléments nutritifs comme l'azote et le phosphore, explique M. Li. Grâce à ces études, nous pouvons recommander aux agriculteurs les pratiques bénéfiques à adopter pour contrôler le ruissellement de l'eau et l'érosion du sol. »

Les travaux d'aménagement environnemental à la ferme peuvent être extrêmement coûteux. C'est pourquoi M. Poitras se réjouit des travaux de recherche qui permettent d'établir des données solides sur les coûts et les avantages des diverses stratégies environnementales. Dans son cas, le contrôle de l'érosion du sol signifiait prendre une partie de ses terres agricoles pour construire des terrasses afin de ralentir les eaux de ruissellement.

« Ce choix a été payant à long terme, surtout avec les gros orages que nous avons eus ces derniers temps, ajoute-t-il. Nous ne perdons plus autant de terre. »



Armé jusqu'aux dents de drapeaux, Sheng Li, Ph.D., marque l'accumulation de sédiments dans le bassin hydrographique du ruisseau Black.



#### Des gens



#### Efforts d'équipe pendant un siècle de recherches scientifiques au Centre

es employés du Centre de recherches sur la pomme de terre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada se réunissent pour une photo de groupe, et il est évident que la science est une collectivité de personnes compétentes.

Le groupe compte des scientifiques, des techniciens, des équipes de travail sur le terrain, des spécialistes de la technologie de l'information, des agents financiers, des ingénieurs et des employés de bureau.

« C'est un effort d'équipe depuis l'ouverture du Centre en 1912, affirme Claudel Lemieux, directeur de la recherche et du développement. Lorsque des personnes travaillent ensemble, il y a une énergie créative qui favorise la science. »

« Nos employés aiment leur travail et s'engagent à faire progresser l'agriculture. »

M. Bernie Zebarth, Ph.D., qui travaille pour le Centre depuis plus de 30 ans, est d'accord. En réalité, selon lui, l'esprit de collaboration s'est amélioré au cours des 10 dernières années.

« Nous sommes maintenant étroitement intégrés, et cela nous permet de comprendre le domaine de travail des autres. Nous élargissons notre perspective et, par conséquent, nous sommes mieux en mesure d'adapter notre travail aux besoins des agriculteurs. »

M. Sheng Li, Ph.D., hydrologue le plus récemment embauché par le Centre, aime l'ouverture d'esprit du personnel.

« Je sais que je peux toujours poser des questions et demander à d'autres scientifiques de m'aider. Je dois simplement demander. Ils m'aident vraiment. »

Eli Lanteigne, commissionnaire au Centre, est généralement la première personne que les visiteurs du Centre rencontrent. Il est toujours souriant.

Il dit : « Nous essayons de mettre les visiteurs à l'aise et cela transparaît dans la bonne humeur des employés du Centre. Les employés veulent aider et nous travaillons en équipe. Cela fonctionne très bien. »

Depuis 1912, plus de 300 personnes ont travaillé à temps plein au Centre, en plus de centaines de travailleurs saisonniers et d'étudiants. Dans beaucoup de cas, ils y ont travaillé pendant des dizaines d'années.

« Il y a un fort sentiment de fierté et d'accomplissement, affirme M. Hurley. La réputation de notre Centre repose sur 100 ans de recherches qui amènent le monde à notre porte. »

« Lorsque vous êtes passionné par ce que vous faites, il est facile de se rendre au travail. »

#### Pour nous joindre

Centre de recherches sur la pomme de terre

850, chemin Lincoln Case postale 20280 Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 4Z7

Directeur des opérations : J. Edward Hurley

Tél.: 506-452-4803 Télécopieur: 506-452-3312

Courriel: edward.hurley@agr.gc.ca Directeur de la recherche et du

développement : Claudel Lemieux, Ph.D.

Tél.: 418-210-5003 Télécopieur: 418-648-2402 Courriel: claudel.lemieux@agr.gc.ca

AAFC number 11826F

978-1-100-99550-2 ISBN number Catalogue number A42-116/2012F-PDF

