



LES TECHNOLOGIES AGRICOLES CANADIENNES

Semer l'avenir



80%



0308



Recherche par



le Conseil des technologies de
l'information et des communications

Canada 

Ce projet est financé par le Programme
d'initiatives sectorielles du gouvernement du Canada

Préface

Le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) est un centre national d'expertise sans but lucratif qui a pour but de renforcer l'avantage numérique du Canada dans l'économie mondiale. Grâce à des recherches de confiance, à des conseils stratégiques pratiques et à des programmes créatifs de renforcement des capacités, le CTIC favorise des industries canadiennes novatrices et concurrentielles à l'échelle mondiale, habilitées par des talents numériques novateurs et diversifiés. En partenariat avec un vaste réseau de chefs de file de l'industrie, de partenaires universitaires et de décideurs politiques de partout au Canada, le CTIC favorise une économie numérique inclusive et concurrentielle à l'échelle internationale depuis plus de 25 ans.

Pour citer ce document

Ivus, M., Matthews, M., Snider, N., Taillon, P., Watson, M. Les technologies agricoles canadiennes : Semer l'avenir. Conseil des technologies de l'information et des communications (septembre 2021). Ottawa, Canada.

Recherche et rédaction par Maryna Ivus (gestionnaire, Recherche sur le marché du travail), Nathan Snider (gestionnaire, Recherche et mobilisation des intervenants), Peter Taillon (scientifique principal des données), Mairead Matthews (analyste principale de la recherche et des politiques) et Maya Watson (analyste de la recherche et des politiques), avec le généreux soutien d'Arun Sharvirala (ancien scientifique principal des données) et de l'équipe du Groupe de réflexion numérique du CTIC.

Les opinions et interprétations de la présente publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du gouvernement du Canada.

Remerciements

Les contributions offertes dans le cadre du présent rapport par nos répondants clés, les membres du comité consultatif et les autres experts en la matière sont grandement appréciées. Nous aimerions remercier toutes les personnes qui ont contribué au présent rapport, en particulier les suivantes.

Agricultural Manufacturers of Canada

AgSights

Alberta Beekeepers Association

Alberta Wheat and Barley Commissions

Association des producteurs maraîchers du Québec

BC Sheep Federation

Celeste Trujillo

directrice, Recherche et développement,
The Very Good Food Company

Egg Farmers of Alberta

Fédération canadienne de l'agriculture

Horticulture Nova Scotia

Manitoba Beekeepers' Association

Manitoba Forage and Grassland Association

Marc-André Roberge

cofondateur et président-directeur général, Nectar

Matthew Winchester

cofondateur et dirigeant principal
de la technologie, FoodByte

Mathew Zimola

cofondateur et président-directeur général,
ReelData AI

Michael von Massow

Ph. D., professeur agrégé, Université de Guelph

Neil Hetherington

président-directeur général,
Banque alimentaire Daily Bread

Ontario Sheep Farmers

Peter Gredig

partenaire, AgNition Inc; propriétaire, PNG Farms Inc.

Prince Edward Island

Tree Fruit Growers Association

Producteurs de grains du Québec

Producteurs de pommes du Québec

Stuart Cullum

président, Olds College

Stuart Smyth

Ph. D., Agri-Food Innovation and Sustainability
Enhancement Chair, Université de la Saskatchewan

Tania Humphrey

Ph. D., vice-présidente, Recherche et développement,
Vineland Research and Innovation Centre

Tracy Biernacki-Dusza

gestionnaire de projet principale, Compétences
Transformation Alimentaire Canada

William Ashton

Ph. D., directeur, Rural Development Institute,
Université de Brandon

Wild Blueberry Producers Association of Nova Scotia



Mots Clés

Agriculture

Agriculture de précision

Agriculture en environnement contrôlé

Agriculture verticale

Alimentation

Analyse du marché du travail

Bioéconomie

Biotechnologie

Emploi

Exploitation agricole

Internet des objets

Production alimentaire durable

Sécurité alimentaire

Serres

Technologie

Table des matières

Sommaire	8
Introduction	11
Section I	
Industrie des technologies agroalimentaires	14
Définir la technologie agroalimentaire	15
Le Canada et l'industrie mondiale des technologies agroalimentaires	16
Tendances en matière de technologies agroalimentaires	17
Agriculture de précision	18
Agriculture en environnement contrôlé	19
Production alimentaire durable	20
Biotechnologie agricole et bioéconomie	26
L'industrie canadienne des technologies agroalimentaires en bref	27
Industries verticales technologiques et secteurs d'activité majeurs	28
Emplacement du siège social	29
Taille et année de fondation des entreprises	30
Section II	
Talent en technologies agroalimentaires	31
Demande du marché du travail	32
Données historiques de l'emploi	33
Données sur les emplois affichés	37
Principaux rôles et compétences	40
Rôles techniques dans l'agroalimentaire	40
Talents interdisciplinaires	41
Domaines opérationnels des technologies agroalimentaires	42

Table des matières

Section III	
Adoption de la technologie	45
L'adoption au Canada	45
Aperçu : Horticulture	51
Aperçu : Élevage	53
Obstacles à l'adoption	54
Coût et financement	55
Internet haute vitesse	56
Rendement du capital investi	58
Pénuries de main-d'œuvre	60
Interopérabilité	61
Progrès technologiques	63
Moteurs d'adoption	65
Crise climatique	65
Croissance démographique mondiale	67
Insécurité alimentaire	69
Conclusion	71
Annexe A: Méthodologie	72
Sources secondaires	72
Méthodologie de la recherche primaire	73
Méthodologie de prévision	75
Limites	76



Sommaire

Un système agroalimentaire durable et concurrentiel est essentiel à une croissance économique résiliente. Les objectifs de développement durable de l'Organisation des Nations Unies indiquent clairement que l'alimentation est liée à presque tout ce que nous faisons, notamment la réduction des inégalités, l'amélioration de la santé et du bien-être, la consommation et la production alimentaires responsables, la création de communautés durables et la protection de l'environnement¹. Bien que les estimations varient, la production agroalimentaire représente de 21 à 37 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES)², 70 % de l'utilisation de l'eau douce³, et plus de 50 % des terres habitables de la planète⁴, faisant de l'agriculture un pilier essentiel des efforts liés au changement climatique, à la conservation et à la biodiversité. Parallèlement, la population mondiale devrait atteindre 9,7 milliards d'habitants d'ici 2050⁵. La croissance démographique s'accompagne d'une demande accrue pour des produits agroalimentaires⁶. Le secteur agroalimentaire mondial devra donc produire davantage tout en réduisant son empreinte environnementale.

- 1 « Les 17 objectifs », 2021, Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies : <https://sdgs.un.org/fr/goals>.
- 2 « De 21 à 37 % des émissions totales de gaz à effet de serre sont attribuables au système alimentaire. » [traduction] Voir : « Special Report: Special Report on Climate Change and Land: Chapter 5 – Food Security », 8 août 2019, IPCC : <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/> ; « Food systems account for over one-third of global greenhouse gas emissions », 9 mars 2021, Nations Unies ONU Info : <https://news.un.org/en/story/2021/03/1086822>; Ritchie, H., « Food production is responsible for one-quarter of the world's greenhouse gas emissions », 6 novembre 2019, Our World in Data : <https://ourworldindata.org/food-ghg-emissions>.
- 3 « Retraits annuels d'eau douce pour l'agriculture (% des retraits totaux d'eau douce) », 2021, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et données d'AQUASTAT, Banque mondiale : <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/er.h2o.fwag.zs>.
- 4 Ritchie, H., et Roser, M., « Land Use », septembre 2019, Our World in Data : <https://ourworldindata.org/land-use>.
- 5 « Retraits annuels d'eau douce pour l'agriculture (% des retraits totaux d'eau douce) », 2017, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et données d'AQUASTAT : <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/ER.H2O.FWAG.ZS>.
- 6 « Pour garantir la sécurité alimentaire de la population prévue de 9,6 milliards de personnes d'ici 2050, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture prévoit que la production alimentaire doit augmenter d'au moins 60 % pour répondre à la demande, et un rapport de Tilman et autres en 2011 prévoyait que la production alimentaire doit augmenter de 100 % pour répondre à la demande. » [traduction] Voir : <https://www.un.org/en/academic-impact/worlds-food-supply-made-insecure-climate-change>.

Il est important de noter que la relation entre le secteur agroalimentaire, le changement climatique et la conservation est cyclique. La santé du système alimentaire mondial est étroitement liée à la santé de la planète puisque les systèmes alimentaires dépendent de climats prévisibles, de régimes climatiques stables, de l'eau propre et de sols fertiles. Par conséquent, le secteur agroalimentaire n'a pas seulement un impact sur le changement climatique et la dégradation de l'environnement, mais il subit également les effets de ces tendances. L'augmentation des températures et du niveau de la mer, les nouveaux régimes de précipitations et le risque accru de sécheresses, de vagues de chaleur et de catastrophes naturelles plus intenses sont tous associés au changement climatique et constituent une menace importante pour la sécurité alimentaire⁷. « La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active⁸. » L'insécurité alimentaire est donc l'absence de cet état. Les conflits, les ralentissements économiques, la faible productivité et les chaînes d'approvisionnement inefficaces ont aussi des impacts sur la sécurité alimentaire puisqu'ils augmentent le coût relatif des aliments⁹. Par exemple, en 2020, dans un contexte de ralentissement économique attribuable à la pandémie, « l'augmentation du nombre de personnes sous-alimentées a été plus de cinq fois supérieure à la plus forte hausse observée ces 20 dernières années¹⁰ ».

Outre les changements climatiques et la croissance démographique, le secteur agroalimentaire canadien « est en butte à d'intenses contraintes de la concurrence sur les marchés mondiaux et national¹¹ ». Les marchés mondiaux exigent de plus en plus de données de meilleure qualité et plus sécurisées sur la sécurité alimentaire, et démontrent notamment un intérêt accru pour la traçabilité des aliments dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement agroalimentaire. Les gouvernements et les consommateurs veulent des produits agroalimentaires durables, comme des protéines de substitution qui répondent à des indicateurs environnementaux clés (p. ex. production de dioxyde de carbone, utilisation de l'eau, de l'énergie et des terres). Les gens apprennent à cultiver des aliments d'une nouvelle manière dans des environnements urbains grâce aux fermes verticales, aux serres et aux parcelles communautaires. Parallèlement, l'intérêt pour la réduction du gaspillage alimentaire, qui passe par la conservation prolongée des aliments frais et l'utilisation des déchets alimentaires comme nouveaux intrants pour l'économie circulaire, est croissant. La technologie a un rôle fascinant à jouer dans bon nombre de ces tendances du marché, mais pour saisir ces occasions, le Canada devra prioriser l'innovation agroalimentaire et la numérisation.

Les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont souligné le rôle des technologies d'agriculture de précision dans la production plus efficace et plus durable des aliments, de l'agriculture en environnement contrôlé, comme les serres et l'agriculture verticale, de la biotechnologie, et de la transformation alimentaire de haute technologie sur le marché canadien des protéines de substitution. Cependant, en ce qui concerne l'adoption des technologies, l'étude révèle que si les technologies plus anciennes connaissent souvent des taux d'adoption élevés au Canada, les taux d'adoption des technologies émergentes sont souvent faibles. De plus, l'enquête du CTIC a permis de cerner six obstacles clés qui empêchent l'adoption des technologies agroalimentaires : le coût de l'équipement et de la mise en œuvre, y compris l'entretien et l'exploitation, l'accès à Internet haute vitesse, le faible rendement du capital investi, les pénuries de main-d'œuvre, les défis techniques liés à l'interopérabilité, et la surabondance de technologies qui ne sont pas très utiles aux agriculteurs.

7 Porter, J., « The World's Food Supply is Made Insecure by Climate Change », site consulté le 14 juillet 2021, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture : <https://www.un.org/en/academic-impact/worlds-food-supply-made-insecure-climate-change/>; « Climate change and food security: risks and responses », 2015, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture : <http://www.fao.org/3/i5188e/i5188e.pdf>.

8 Sommet mondial de l'alimentation, 1996, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

9 « L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde », 2021, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture : <http://www.fao.org/3/cb4474en/cb4474en.pdf>. [Résumé : https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2021/07/SOFI2021_InBrief_FR_web.pdf]

10 Ibidem.

11 « Secteur agroalimentaire », 2018, ISDE : [https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISEDC_SecteurAgroalimentaire.pdf/\\$file/ISEDC_SecteurAgroalimentaire.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISEDC_SecteurAgroalimentaire.pdf/$file/ISEDC_SecteurAgroalimentaire.pdf).

En ce qui concerne les pénuries de main-d'œuvre, le CTIC estime que la demande dans l'industrie des technologies agroalimentaires atteindra quelque 49 000 travailleurs supplémentaires d'ici le quatrième trimestre de 2025¹². Si ces postes sont dotés, le nombre total d'emplois dans l'industrie grimpera à 683 000 travailleurs d'ici la fin de 2025¹³. Quant aux rôles spécifiques, la présente étude montre que si les nombreux rôles ont un rapport *direct* avec les technologies agricoles, certains sont plus recherchés et plus difficiles à doter que d'autres. Le système agroalimentaire est devenu une technologie de pointe, et les professions technologiques traditionnelles sont les plus recherchées. Ces rôles comprennent les développeurs de micrologiciels et de matériel, les développeurs de logiciels, les développeurs d'applications mobiles, les développeurs généralistes, les développeurs d'applications frontales, les développeurs d'applications dorsales, les scientifiques des données, les analystes opérationnels, les concepteurs d'interface et d'expérience utilisateur, les ingénieurs de la *blockchain* (chaîne de blocs), et les experts en apprentissage machine. En outre, les entreprises de technologies agricoles ont besoin de diverses compétences et aptitudes interdisciplinaires dans les secteurs de l'agriculture, de l'horticulture, de la biologie, de l'ingénierie, de la fabrication, du numérique, de la robotique et de l'analyse de données.

La nécessité de continuer d'innover et d'adopter des technologies est primordiale pour faire face aux urgences agricoles liées au changement climatique et répondre à la croissance de la population mondiale et à la demande alimentaire croissante, ainsi qu'à l'insécurité alimentaire. Comme l'a fait remarquer le conseil stratégique agroalimentaire du Canada, le secteur agroalimentaire canadien est bien placé pour connaître une croissance à long terme. Toutefois, pour répondre à la demande alimentaire accrue, le Canada devra se doter d'une réserve de talents du XXI^e siècle qui met particulièrement l'accent sur les compétences numériques et entrepreneuriales dans l'ensemble du secteur agroalimentaire¹⁴.



12 Ivus, M., Kotak, A., « Toujours à l'avant-garde – Aperçu des talents numériques pour 2025 », Conseil des technologies de l'information et des communications, août 2021 : <https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2021/08/aperçu-des-talents-numeriques-pour-2025.pdf>.

13 Ibidem.

14 Canada's Economic Strategy Tables: Agri-food," Government du Canada, 2018, [https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISED_C_Agri-Food_E.pdf/\\$file/ISED_C_Agri-Food_E.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISED_C_Agri-Food_E.pdf/$file/ISED_C_Agri-Food_E.pdf)



Introduction

Le système agroalimentaire canadien fait face à des pressions croissantes pour adopter des technologies agroalimentaires : ces pressions diverses découlent **de l'insécurité alimentaire, du changement climatique, de la croissance démographique, de la demande d'aliments durables** et d'autres tendances du marché. Le Canada est l'un des pays les plus sûrs sur le plan alimentaire à l'échelle mondiale, mais aucun pays n'est à l'abri de l'insécurité alimentaire. En 2018, 12,7 % des ménages canadiens étaient en situation d'insécurité alimentaire, et 8,7 % des ménages connaissaient une insécurité alimentaire modérée à grave¹⁵. Ces difficultés ne sont pas non plus ressenties de la même manière par tous les groupes démographiques : les ménages monoparentaux, ceux à faible revenu et les ménages locataires sont plus exposés à l'insécurité alimentaire, tout comme les personnes qui s'identifient comme étant noires ou autochtones¹⁶. Des décennies de recherche établissent un lien entre l'insécurité alimentaire au Canada et les problèmes de santé mentale¹⁷, la prévalence accrue des maladies chroniques¹⁸ et les taux de mortalité plus élevés¹⁹. À son tour, l'état de santé a un impact sur les coûts des soins de santé²⁰.

15 « L'insécurité alimentaire des ménages, 2017-2018 », 24 juin 2020, Statistique Canada : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/82-625-x/2020001/article/00001-fra.htm>.

16 « Household Food Insecurity in Canada », 2021, PROOF : <https://proof.utoronto.ca/food-insecurity/>.

17 Shafiee, M., et autres, « Household food insecurity is associated with depressive symptoms in the Canadian adult population », 15 janvier 2021, Journal of Affective Disorders : <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.10.057>; Jessiman-Perreault, G., et McIntyre L., « The household food insecurity gradient and potential reductions in adverse population mental health outcomes in Canadian adults », 1er décembre 2017, Population Health : <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2017.05.013>; Tarasuk, V., et autres, « Maternal Food Insecurity Is Positively Associated with Postpartum Mental Disorders in Ontario, Canada », 19 novembre 2020, The Journal of Nutrition : <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa240>; « Household Food Insecurity in Canada », 2021, PROOF : <https://proof.utoronto.ca/food-insecurity/>.

18 Tait, C.A., et autres, « The association between food insecurity and incident type 2 diabetes in Canada », 23 mai 2018 : <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0195962>; « Food Security and Diabetes », 11 février 2021, Diabète Canada : <https://www.diabetes.ca/advocacy---policies/our-policy-positions/food-security-and-diabetes>.

19 Men, F., et autres, « Association between household food insecurity and mortality in Canada », 20 janvier 2020, Canadian Medical Association Journal : <https://doi.org/10.1503/cmaj.190385>.

20 Men, F., et autres, « Food Insecurity is Associated with Higher Health Care Use and Costs Among Canadian Adults », août 2020, Health Affairs (Project Hope) 39, no 8 : 1377-85 : <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2019.01637>; Tarasuk, V., et autres, « Association between Household Food Insecurity and Annual Health Care Costs », 6 octobre 2015, Canadian Medical Association Journal, <https://doi.org/10.1503/cmaj.150234>.

L'insécurité alimentaire est un problème pernicieux (difficile ou impossible à résoudre en raison d'exigences incomplètes, contradictoires et changeantes), étroitement lié à l'insécurité du revenu, au logement abordable et à d'autres défis socioéconomiques. Par exemple, le prix des aliments est un facteur déterminant : de 2000 à 2020, l'inflation du prix des aliments a dépassé le taux d'inflation général, la « facture d'épicerie type » ayant augmenté d'environ 170 %²¹. Dans une perspective d'avenir, les chocs externes, notamment les crises économiques comme la pandémie de COVID-19, la fluctuation des prix du pétrole et les phénomènes météorologiques extrêmes provoqués par le changement climatique continueront d'influencer le prix des aliments au Canada.

En ce qui concerne le changement climatique, l'impact sur le système alimentaire est mitigé. Certaines régions, comme les régions fruitières de la Colombie-Britannique, ont subi les effets négatifs des extrêmes climatiques, les vagues de chaleur détruisant les cultures fruitières²². Les incendies de forêt et leur fumée ont également eu des effets néfastes sur les raisins de cuve et les abeilles²³. Dans les régions des Prairies, les sécheresses et les inondations ont eu un impact négatif sur la production agricole, au point où plusieurs municipalités ont déclaré des urgences agricoles²⁴. Prospectivement, les scientifiques s'attendent à des précipitations plus instables et à un plus grand nombre de jours chauds enregistrant des températures dépassant 30 degrés Celsius, atteignant même possiblement plus de 50 jours chauds par an à la fin du siècle²⁵. Par contre, les modèles de changement climatique suggèrent également que certaines parties du pays pourraient devenir plus productives. Des hivers plus courts et des saisons de croissance plus longues ont été observés à la grandeur du Canada jusqu'à présent, et la saison de croissance moyenne devrait augmenter de 32 jours d'ici l'an 2100²⁶. À moins que des événements météorologiques extrêmes ne se produisent et que les sols ne s'adaptent, de grandes parties du Canada qui ne sont actuellement pas idéales pour l'agriculture ou dont la productivité est limitée pourraient devenir plus propices à la production²⁷.

Néanmoins, l'expansion des activités agricoles dans de nouvelles régions engendre de nouveaux risques pour l'environnement. C'est pourquoi les experts en agroalimentaire prévoient un besoin accru de technologies pour augmenter la production à partir des terres déjà utilisées et « réduire les déchets pour faire durer les récoltes²⁸ ».

- 21 « Canada's Food Price Report – 11th Edition », 2021, Université Dalhousie, Université de Guelph, Université de la Saskatchewan et Université de la Colombie-Britannique : [https://cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/sites/agri-food/Food%20Price%20Report%202021%20-%20EN%20\(December%208\).pdf](https://cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/sites/agri-food/Food%20Price%20Report%202021%20-%20EN%20(December%208).pdf)
- 22 Les températures record enregistrées sur une période de 3 jours en juillet 2020 ont été si élevées qu'elles ont cuit des parties importantes des cultures de cerises, de framboises et de bleuets de la région. Jusqu'à 75 % de certains fruits de la région sont devenus trop endommagés pour être vendus frais. » [traduction] Gomez, M., « B.C. heat wave 'cooks' fruit crops on the branch in sweltering Okanagan and Fraser valleys », 6 juillet 2021, CBC News : <https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/heat-fruit-crops-okanagan-fraser-valley-1.6092155>.
- 23 The Canadian Press, « Wildfire smoke affecting Okanagan grapes and honey », 22 août 2018, CBC News : <https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/wildfire-smoke-affecting-okanagan-grapes-and-honey-1.4794360>.
- 24 Riley, S., « Another 'harvest from hell': Canada's farmers forced to acclimatize to weird weather », 3 décembre 2019, The Narwhal : <https://thenarwhal.ca/another-harvest-from-hell-canadas-farmers-forced-to-acclimatize-to-weird-weather/>; « Another Manitoba municipality declares state of agricultural disaster due to drought and heat », 13 juillet 2021, CBC News : <https://www.cbc.ca/news/canada/manitoba/drought-agriculture-disaster-rm-of-armstrong-manitoba-1.6100138>.
- 25 « Rapport sur le climat changeant du Canada », 2019, gouvernement du Canada : https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/Climate-change/pdf/RCCC_FULLREPORT-FR-FINAL.pdf.
- 26 Ibidem.
- 27 Hannah L., et autres, « The environmental consequences of climate-driven agricultural frontiers », 12 février 2020, PLOS ONE : <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0228305>.
- 28 Chung, E., « Canada could be a huge climate change winner when it comes to farmland », 12 février 2020, CBC News : <https://www.cbc.ca/news/science/climate-change-farming-1.5461275>. [traduction]

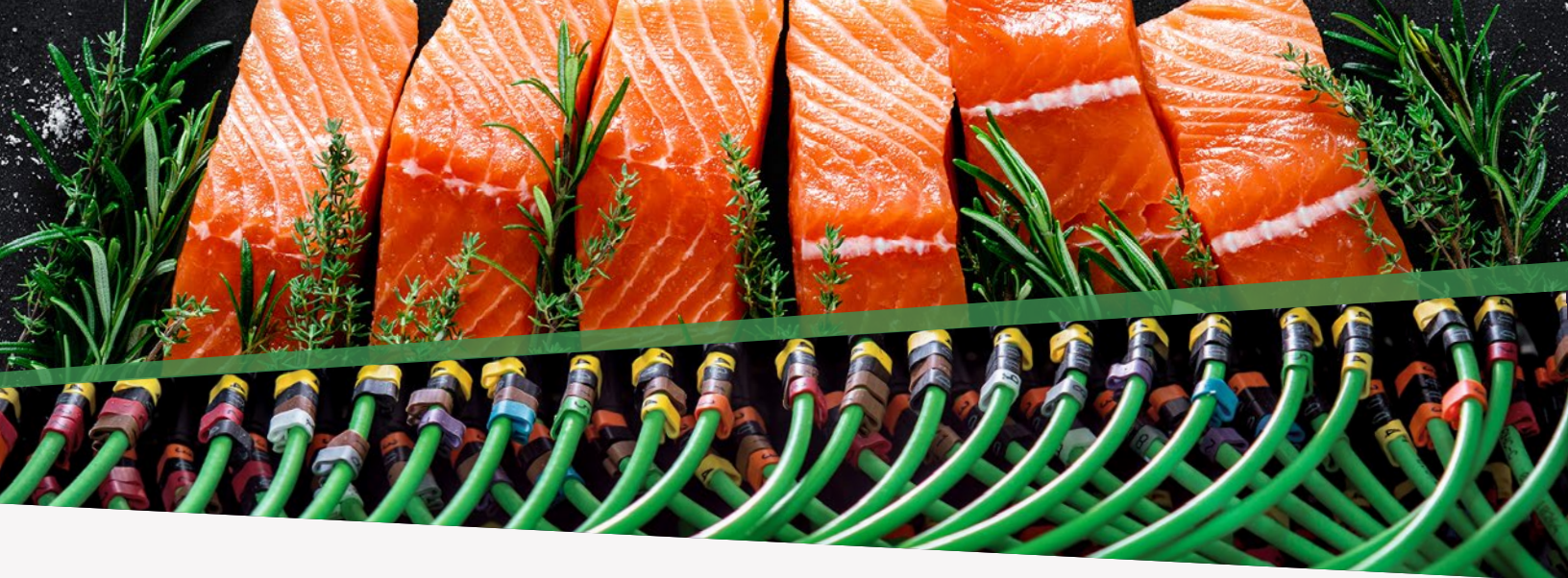
Inévitablement, la technologie jouera un rôle important dans la résolution des problèmes liés à la sécurité alimentaire et au climat. Les pénuries de main-d'œuvre qualifiée sur le plan technologique sont déjà considérées par le secteur agroalimentaire comme un obstacle à l'adoption de nouvelles technologies, et à mesure que le système agroalimentaire se modernise, l'adoption de la technologie entraînera une demande accrue de main-d'œuvre et de compétences liées à la technologie.

Le rapport *Les technologies agricoles canadiennes : Semer l'avenir* évalue ces défis et d'autres tendances dans le secteur agroalimentaire canadien, notamment les tendances relatives aux entreprises de technologies agroalimentaires et à leurs produits et services, les tendances en matière d'adoption de la technologie, et les tendances du marché du travail (c'est-à-dire les rôles et les compétences recherchés). Une approche de recherche à méthodes mixtes, qui comprend ce qui suit, a été utilisée dans le cadre de la présente étude :

- un examen de la documentation secondaire et une analyse des données secondaires recueillies par un moissonnage du Web;
- une recherche qualitative primaire comprenant 32 entrevues réalisées auprès d'informateurs clés et de divers experts dans les domaines de la production agroalimentaire, de la fabrication et des technologies;
- une enquête sur l'industrie menée auprès de 310 entreprises de technologies agroalimentaires, laquelle portait sur les besoins du marché du travail et l'adoption des technologies.

De plus, au cours du projet de recherche, un comité consultatif s'est réuni pour valider les résultats de la recherche. Le matériel qualitatif provenant des entrevues est mentionné tout au long du rapport. Les résultats de l'enquête sont principalement abordés dans les sections II et III. De plus amples détails sur la méthodologie de recherche se trouvent en annexe.

La section I du rapport propose une introduction à l'industrie des technologies agroalimentaires, en commençant par les principales définitions et tendances. La deuxième partie de la section I présente un aperçu de l'industrie des technologies agroalimentaires du Canada et se penche sur un ensemble de données portant sur 261 entreprises de technologies agroalimentaires actives au Canada. Elle détaille les principaux groupes industriels et industries verticales technologiques, ainsi que les tendances en matière de taille, d'emplacement et de date de création des entreprises. La section II expose les rôles et les compétences recherchés dans l'écosystème canadien des technologies agroalimentaires, ainsi que des exemples précis. La section III présente un aperçu du paysage de l'adoption des technologies agroalimentaires au Canada. Elle examine l'adoption des technologies par région et traite des principaux défis à relever.



● ○ ○ SECTION I

Industrie des technologies agroalimentaires

Le secteur agroalimentaire canadien englobe de nombreuses industries, notamment l'agriculture primaire, l'aquaculture, ainsi que la transformation des aliments et des boissons.

L'agriculture primaire désigne la production primaire de denrées sur des terres de culture, notamment les cultures, l'horticulture et l'élevage, alors que l'aquaculture désigne l'élevage d'organismes aquatiques dans l'eau, comme les poissons, les crustacés et les plantes aquatiques. Les produits de l'agriculture et de l'aquaculture peuvent également être utilisés à des fins autres que l'alimentation et la nutrition : par exemple, les moutons peuvent être élevés pour leur laine et le chanvre peut être cultivé pour fabriquer du tissu, de la ficelle, des bioplastiques et d'autres produits industriels²⁹. L'industrie de la transformation des aliments et des boissons comprend les fournisseurs de services alimentaires, la vente au détail et de gros de produits alimentaires, la transformation des aliments et des boissons, et les fournisseurs d'intrants et de services³⁰.

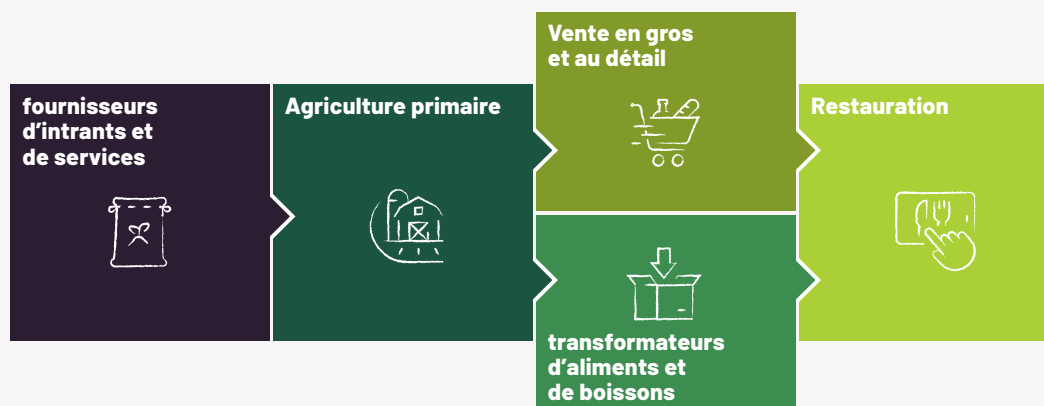


Figure 1 : Composantes du secteur agricole et agroalimentaire canadien.

Source: « Aperçu du secteur agricole et agroalimentaire Canada 2018 », 2020, gouvernement du Canada.

29 Agriculture et Agroalimentaire Canada fait le suivi de la production agricole à des fins alimentaires et industrielles séparément.
30 « Aperçu du secteur agricole et agroalimentaire Canada 2018 », 20 novembre 2020, gouvernement du Canada : <https://agriculture.canada.ca/fr/secteurs-agricoles-du-canada/survol-industries-du-secteur-donnees-rapports/aperçu-du-secteur-agriculture-agroalimentaire-canada-2018>

Alors que les communautés du Canada comptent sur le secteur agroalimentaire pour s'alimenter, bon nombre de Canadiens comptent également sur ce secteur pour le travail et l'emploi. Le secteur agroalimentaire canadien est composé d'une chaîne d'approvisionnement complexe et intégrée de producteurs agricoles primaires, de fournisseurs d'intrants et de services, d'usines de transformation d'aliments et de boissons, de détaillants et de grossistes, ainsi que de fournisseurs de services. Ensemble, ces intervenants ont généré 143,1 milliards de dollars de produit intérieur brut (PIB) en 2018, soit 7,4 % du PIB canadien total cette année-là³¹. Le secteur a également employé quelque 2,3 millions de personnes en 2018, ce qui équivaut à 12,5 % des emplois canadiens (1 emploi canadien sur 8)³². Les emplois du secteur sont diversifiés, étant notamment situés sur des fermes ainsi que dans des usines de transformation, des salles de conférence et des laboratoires³³. Au chapitre de la croissance, de 2012 à 2016, le secteur agroalimentaire a connu une croissance plus rapide que l'économie canadienne en général : le PIB du secteur agroalimentaire a augmenté de 11 % pendant cette période, alors que l'économie canadienne n'a augmenté que de 7,8 %³⁴.

Pourcentage du PIB canadien (%)

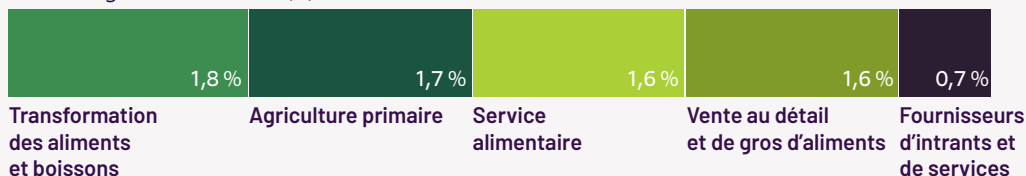


Figure 2 : Au sein du secteur agroalimentaire, les industries de la transformation des aliments et des boissons et de l'agriculture primaire sont les plus importantes.

Source : « Aperçu du secteur agricole et agroalimentaire Canada 2018 », 2020, gouvernement du Canada.

Définir la technologie agroalimentaire

Comme pour de nombreux termes nouveaux et émergents, il n'existe pas de définition universelle de la technologie agricole, de la technologie alimentaire ou de la technologie agroalimentaire. À l'exception d'AgFunder et du National Institute of Food and Agriculture, un sous-ensemble du département de l'Agriculture des États-Unis, très peu d'organisations ont tenté de définir ces termes³⁵. Néanmoins, à un niveau élevé, **la technologie agroalimentaire englobe toute technologie de pointe utilisée par le secteur agroalimentaire dans la production alimentaire, par exemple, pour rendre la production alimentaire plus sûre, plus efficace ou plus respectueuse de l'environnement, ou créer de nouveaux types d'aliments.**

31 Ibidem.

32 Ibidem.

33 « Agriculture in Canada », 2021, Canada Action Coalition : <https://www.canadaaction.ca/agriculture>.

34 « Aperçu du secteur agricole et agroalimentaire Canada 2018 », 20 novembre 2020, gouvernement du Canada : <https://agriculture.canada.ca/fr/secteurs-agricoles-du-canada/survois-industries-du-secteur-donnees-rapports/aperçu-du-secteur-agriculture-agroalimentaire-canada-2018>

35 « Agriculture Technology », 2021, NIFA : <https://nifa.usda.gov/topic/agriculture-technology>; « AgFunder Agri-Food Tech Investing Report 2017 », 2017, AgFunder : <https://research.agfunder.com/2017/AgFunder-Agrifood-Tech-Investing-Report-2017.pdf>

Le secteur agroalimentaire fait appel à un éventail de technologies modernes pour parvenir à ces fins, notamment :

- l'intelligence artificielle et les données massives;
- les capteurs, les réseaux à large bande et les autres technologies de l'Internet des objets (IdO);
- les systèmes d'information géographique, les systèmes mondiaux de localisation (GPS) et les images aériennes;
- les robots et les véhicules automatisés, connectés et électriques;
- la biotechnologie et la bioinformatique.

Compte tenu de sa vaste chaîne d'approvisionnement, le secteur agroalimentaire chevauche des secteurs adjacents, notamment le commerce de détail, la santé, les technologies de l'information et des communications (TIC) et la fabrication. En fait, l'industrie de la transformation des aliments et des boissons est la plus importante industrie manufacturière au Canada, représentant 17 % de tout le PIB manufacturier et 18 % de l'emploi manufacturier³⁶. Les études passées et présentes réalisées par le CTIC se concentrent sur l'impact des technologies émergentes sur le commerce de détail, la santé et la fabrication, et il est donc important de clarifier quels domaines de chevauchement ne sont pas inclus dans la présente étude. D'autres détails sur la façon dont le CTIC définit la technologie agroalimentaire sont présentés dans la section « Méthodologie » en annexe.

Le Canada et l'industrie mondiale des technologies agroalimentaires

Le Canada bénéficiant d'une empreinte économique vaste et diversifiée, il n'est pas surprenant que les données sur les investissements citent le pays comme un acteur clé de l'industrie mondiale des technologies agroalimentaires. Selon AgFunder, en 2014, le Canada s'est classé au troisième rang mondial des plus importantes ententes de financement en matière de technologies agroalimentaires³⁷. Toujours en 2014, la jeune entreprise canadienne Clearpath Robotics figurait sur la liste des 20 ententes de financement les plus importantes à l'échelle mondiale³⁸, alors que 3 jeunes entreprises canadiennes ont intégré les listes des 20 et des 15 plus importantes en 2017 et 2019³⁹. La Chine, le Royaume-Uni, la Colombie et Israël réunissaient un plus grand nombre d'ententes au cours des dernières années, mais le Canada demeure un acteur mondial clé : en 2019, le Canada se classait au septième rang pour la valeur totale en dollars des nouvelles ententes de financement et au sixième rang pour le nombre réel de nouvelles ententes (voir figure 3)⁴⁰. De même, selon les données de PitchBook, 18 des 250 plus grands investisseurs en technologies agricoles (mesurés par le nombre total de transactions en la matière) sont canadiens⁴¹. En d'autres termes, le Canada est le deuxième investisseur en technologies agricoles en importance après les États-Unis parmi les 250 premiers investisseurs mondiaux⁴².

- 36 « Agriculture Technology », 2021, NIFA : <https://nifa.usda.gov/topic/agriculture-technology>; « AgFunder Agri-Food Tech Investing Report 2017 », 2017, AgFunder : <https://research.agfunder.com/2017/AgFunder-Agrifood-Tech-Investing-Report-2017.pdf>
- 37 « Aperçu du secteur agricole et agroalimentaire Canada 2018 », 20 novembre 2020, gouvernement du Canada : <https://agriculture.canada.ca/fr/secteurs-agricoles-du-canada/survol-industries-du-secteur-donnees-rapports/aperçu-du-secteur-agriculture-agroalimentaire-canada-2018> « AgTech Investing Report – 2014 », 2014, AgFunder : <https://agfunder.com/research/agtech-investing-report-2014/>
- 38 Cette catégorie exclut les ententes conclues aux États-Unis.
- 39 « AgFunder Agri-Food Tech Investing Report », 2017, AgFunder : <https://research.agfunder.com/2017/AgFunder-Agrifood-Tech-Investing-Report-2017.pdf>; « AgFunder Agri-Food Tech Investing Report », 2019, AgFunder : <https://research.agfunder.com/2019/AgFunder-Agrifood-Tech-Investing-Report-2019.pdf>
- 40 « Food & AgTech Investor Sentiment Report », 2019, AgFunder : <https://research.agfunder.com/food-agtech-investor-sentiment-report.pdf>
- 41 Données de PitchBook data. Site consulté le 13 juillet 2021.
- 42 Ibidem.

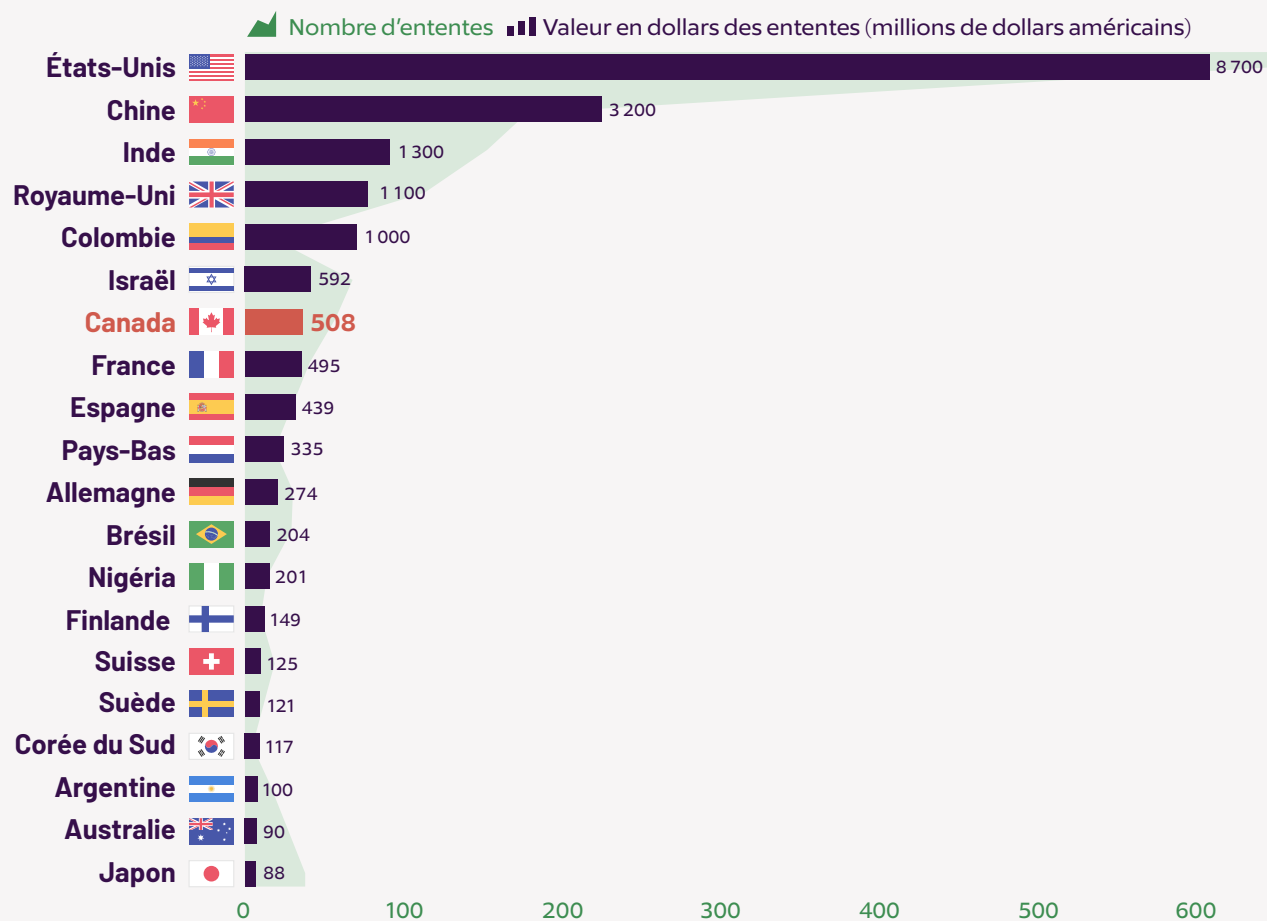


Figure 3: Valeur des investissements annuels et nombre d'ententes de financement par pays, à l'échelle mondiale. Source: AgFunder, 2019.⁴³

Tendances en matière de technologies agroalimentaires

Bien qu'il existe de nombreuses tendances fascinantes dans le domaine des technologies agroalimentaires, la présente section traite de celles qui sont ressorties le plus souvent lors des entrevues menées par le CTIC auprès d'informateurs clés, lors des réunions du comité consultatif et au cours de l'examen de la documentation secondaire, notamment :

- 1 l'agriculture de précision
- 2 l'agriculture en environnement contrôlé
- 3 la production alimentaire durable
- 4 la biotechnologie agricole

43

« AgFunder Agri-Food Tech Investing Report », 2019, AgFunder : <https://research.agfunder.com/2019/AgFunder-Agrifood-Tech-Investing-Report-2019.pdf>

1

Agriculture de précision

L'agriculture de précision est une stratégie de gestion agricole qui vise à « éliminer l'intuition et la conjecture de l'agriculture en permettant aux producteurs de tirer profit des mégadonnées »⁴⁴. Elle comporte une série de technologies qui recueillent et partagent des informations sur les sols, le climat, les plantes et le bétail locaux, puis utilise ces données pour orienter les processus agricoles et la prise de décisions. Cet ensemble de technologies inclut le GPS, les capteurs, les données massives, l'intelligence artificielle, les interfaces de programmation d'applications (API), la connectivité à large bande et les équipements agricoles de haute technologie. Au chapitre des avantages, l'agriculture de précision permet d'accroître la productivité et de réduire les coûts⁴⁵.

Les entreprises qui offrent des produits et des services d'agriculture de précision sont diverses. Certaines ont un champ d'activité très large, comme l'entreprise albertaine Decisive Farming, qui offre des solutions de gestion pour l'ensemble de l'exploitation agricole qui englobent la production agricole, la gestion des ressources humaines, les ventes et le marketing. D'autres exploitent un champ d'action plus restreint : par exemple, certaines entreprises d'agriculture de précision se concentrent uniquement sur l'application d'engrais ou la gestion des sols. De même, les produits et les services d'agriculture de précision peuvent s'appliquer à une seule industrie (p. ex. horticulture, grandes cultures), à un seul produit (p. ex. canola, pommes de terre), ou à plusieurs industries et produits. Un grand nombre d'entreprises qui fournissent des produits et des services d'agriculture de précision au Canada s'occupent de produits de grande valeur ou fabriqués à grande échelle, comme les oléagineux, les céréales et d'autres grandes cultures.

Certaines des personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont mentionné des défis en matière de données liés aux solutions d'agriculture de précision. D'une part, elles ont souligné que les solutions d'agriculture de précision sont encore relativement nouvelles et que la réalité et la cohérence des données qui les guident doivent encore être améliorées. Plus précisément, bien que bon nombre d'entreprises recueillent des données agricoles, il n'y a « presque aucun consensus » entre les entreprises quant à ce que les agriculteurs devraient faire pour obtenir certains rendements agricoles. Les personnes interrogées ont également soulevé un deuxième défi : de nombreuses solutions d'agriculture de précision exigent encore des agriculteurs qu'ils recueillent ou saisissent des données manuellement. Compte tenu de ce défi, certaines entreprises travaillent actuellement à mieux intégrer leurs solutions aux équipements existants et à automatiser davantage la collecte de données.

Lorsque l'agriculture de précision est utilisée pour guider des processus tels que l'ensemencement, la pulvérisation et la récolte, des équipements agricoles de haute technologie (comme des tracteurs, des moissonneuses-batteuses et des pulvérisateurs) sont souvent présents. La technologie agricole est de plus en plus perfectionnée, tout comme les équipements agricoles : alors que le guidage GPS, la direction automatique et le contrôle de section étaient autrefois considérés comme une technologie de pointe, ces dispositifs sont aujourd'hui considérés comme une norme moderne pour les équipements agricoles. De même, lorsque l'agriculture de précision est employée pour automatiser les processus, des équipements agricoles automatisés comme des véhicules automatisés, des robots et des drones sont utilisés.

44 « Progrès de la technologie et de la recherche dans le secteur agricole et agroalimentaire pouvant favoriser les exportations canadiennes », janvier 2019, Chambres des communes : <https://www.noscommunes.ca/DocumentViewer/fr/42-1/AGRI/rapport-15/page-69>

45 Ibidem.

Les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude se sont montrées enthousiastes quant aux développements futurs des équipements agricoles automatisés.

« Nous allons voir de plus en plus d'équipements agricoles devenir autonomes. Nous ne sommes qu'à l'aube de l'autonomie des équipements et, franchement, l'autonomie des équipements agricoles est beaucoup plus facile à instaurer que celles des véhicules autonomes en général, comme les voitures autonomes sur les autoroutes, parce qu'il y a moins de risques. [traduction]

– PDG, entreprise d'agriculture de précision

« La pénurie de main-d'œuvre est de plus en plus grave. Alors que le salaire minimum augmente, le coût et la disponibilité de la main-d'œuvre constituent un véritable défi, et la COVID-19 a vraiment aggravé le problème. Parallèlement, la technologie évolue, et il est de plus en plus probable qu'elle sera capable d'accomplir certaines de ces tâches complexes. Nous avons donc une convergence intéressante : un besoin croissant et une possibilité accrue sur le plan de la technologie. [traduction]

– Cadre, entreprise d'horticulture

Cependant, les personnes interrogées ont noté que la capacité d'automatisation agricole varie selon le produit. Par exemple, comme l'expose la **section III**, l'automatisation est particulièrement difficile à réaliser dans des industries comme l'horticulture où, par rapport aux cultures et aux légumineuses, les produits sont plus délicats et plus faciles à endommager.

TENDANCES

2

Agriculture en environnement contrôlé

L'Université de l'Arizona définit l'agriculture en environnement contrôlée comme « la production de plantes et de leurs produits, comme les légumes et les fleurs, à l'intérieur de structures à environnement contrôlé comme les serres, les fermes verticales et les chambres de croissance⁴⁶ ». De même, Innovation, Sciences et Développement économique Canada définit ce type d'agriculture comme « un système de production basé sur une technologie agricole en intérieur, où les cultures sont cultivées dans un environnement modifié et hautement conditionné » et désigne les serres, l'agriculture verticale et l'hydroculture comme les formes les plus courantes d'agriculture en environnement contrôlé⁴⁷.

Les environnements de culture contrôlés ont des impacts importants sur l'industrie agroalimentaire : depuis un certain temps, l'agriculture en environnement contrôlé permet aux agriculteurs de cultiver des fruits et des légumes dans des conditions idéales offrant une efficacité et une productivité maximales. De même, ces environnements offrent un abri contre les conditions climatiques et météorologiques défavorables. Plus récemment, les environnements contrôlés ont permis à des communautés de cultiver des aliments (ou certains types d'aliments) dans des endroits où elles ne pouvaient pas le faire auparavant, comme les villes et les communautés urbaines, les climats plus froids et les endroits où les sols ne sont pas appropriés. Fait intéressant, les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont indiqué que Montréal est un chef de file mondial en matière d'agriculture urbaine et de résilience écologique.

46

« UA Controlled Environmental Agriculture Center », 2021, Université de l'Arizona : <https://ceac.arizona.edu/>. [traduction]

47

« Améliorer l'automatisation dans le secteur de l'agriculture en environnement contrôlé », 19 janvier 2021, gouvernement du Canada : <https://www.ic.gc.ca/eic/site/101.nsf/fra/00125.html>

La capacité de cultiver des aliments dans de nouveaux endroits entraîne de nombreuses répercussions, notamment sur la qualité des aliments.



La principale proposition de valeur pour notre produit repose sur le fait que beaucoup d'aliments sont achetés ailleurs et expédiés ici, au Canada. Le coût environnemental est un problème, tout comme le fait que les produits ne sont pas nécessairement de très bonne qualité. Le voyage est long avant d'arriver au Canada, ce qui entraîne beaucoup de pertes et de dommages. De plus, les variétés spécifiques que les épiceries proposent sont produites pour pouvoir supporter ce long voyage, plutôt que pour leur nutrition et leur saveur. [traduction]

– Directeur de l'ingénierie des procédés, entreprise d'agriculture en environnement contrôlé

Les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude étaient divisées quant à la mesure dans laquelle l'agriculture en environnement contrôlé contribuera à la sécurité alimentaire. Selon une des personnes interrogées, si nous développons davantage la technologie, il est possible d'accroître la sécurité alimentaire de notre pays. Toutefois, d'autres membres du conseil consultatif ont fait une mise en garde : bien que l'agriculture en environnement contrôlé puisse permettre une production alimentaire plus efficace dans de nouveaux endroits, les types d'aliments (p. ex. tomates, concombres, poivrons, etc.) qui sont actuellement produits en environnement contrôlé ne sont pas riches en protéines ni assez diversifiés pour constituer un régime alimentaire complet. Néanmoins, ce type d'agriculture peut aider les communautés éloignées à avoir accès à des denrées périssables en leur permettant de cultiver davantage d'aliments localement.

Bien que les environnements contrôlés utilisent les terres, les sols et l'eau beaucoup plus efficacement que les fermes traditionnelles, ce n'est pas nécessairement le cas pour leurs besoins énergétiques. Les personnes interrogées ont souligné l'importance d'utiliser des énergies propres pour alimenter les fermes verticales et les serres. Elles ont également noté que de nombreuses communautés rurales et éloignées au Canada qui pourraient bénéficier d'une production alimentaire locale accrue dépendent de sources d'énergie à fortes émissions comme les combustibles fossiles.

TENDANCES

3

Production alimentaire durable



En ce qui concerne l'alimentation, le Canada est probablement l'un des pays les plus favorisés au monde, en grande partie grâce à deux éléments : les sols propres et l'eau propre, deux ressources essentielles. Parallèlement, la contamination et la dégradation représentent nos plus grands risques. [traduction]

– Cadre, organisation de recherche sur les technologies agroalimentaires

La production alimentaire durable est apparue comme un thème commun des entrevues et des réunions du comité consultatif. Les personnes interrogées ont discuté des principaux moteurs de cette tendance, y compris les **politiques gouvernementales** (offre) et la **demande des consommateurs** (demande). Par ailleurs, l'alimentation et l'agriculture durables sont à la base d'une croissance économique résiliente.

L'impact du secteur de l'agroalimentaire sur l'environnement est important puisqu'il représente de 21 à 37 % des émissions mondiales de GES⁴⁸, 70 % de l'utilisation de l'eau douce⁴⁹, et plus de 50 % des terres habitables de la planète⁵⁰, faisant du secteur de l'agroalimentaire, qui joue un rôle déterminant dans le changement climatique, la conservation, les efforts en matière de biodiversité et les technologies propres, un important marché pour les entreprises de technologies agroalimentaires.

En ce qui concerne la **politique gouvernementale**, en 2021, le gouvernement fédéral s'est engagé à atteindre des émissions nettes nulles d'ici 2050⁵¹. Dans le cadre de ce programme politique, Agriculture et Agroalimentaire Canada gère un programme de 185 millions de dollars sur 10 ans « qui permettra d'élaborer et de mettre en œuvre des pratiques agricoles pour lutter contre les changements climatiques⁵² » et un programme de 165,7 millions de dollars sur 7 ans pour aider le secteur agricole à développer et à adopter des technologies propres transformatrices⁵³. De même, de nombreux marchés étrangers commencent à privilégier ou à exiger l'approvisionnement et l'achat écologiques dans leurs systèmes alimentaires. L'Union européenne s'est également engagée à atteindre des émissions nettes nulles d'ici 2050 et, grâce à sa stratégie « De la ferme à la fourchette », elle espère réduire le gaspillage alimentaire et rendre la production, la transformation et la distribution des aliments plus durables⁵⁴.

Parallèlement, la **demande des consommateurs** pour des aliments durables est importante. Selon une enquête réalisée en 2020 par le Centre canadien pour l'intégrité des aliments, 37 % des Canadiens se disent très préoccupés par la durabilité environnementale en agriculture et 36 % ont cherché des informations sur la production alimentaire écologique et durable⁵⁵. Bien que les définitions de l'alimentation durable varient selon les consommateurs, un peu moins de 45 % des Canadiens croient que l'alimentation durable a un impact positif sur l'environnement⁵⁶. De plus, l'enquête montre que les Canadiens agissent en fonction de leurs préoccupations environnementales : plus de 55 % d'entre eux cherchent des produits utilisant moins d'emballage, et 47 % recherchent des produits ayant un impact environnemental minimal. La recherche montre que les jeunes Canadiens âgés de 18 à 23 ans sont à l'origine de la demande accrue d'aliments durables⁵⁷. Comparativement aux Canadiens de plus de 24 ans, les Canadiens de la génération Z (âgés de 6 à 24 ans) sont « nettement plus susceptibles de [...] rechercher des produits alimentaires avec moins d'emballage (62 %) et un impact environnemental minimum (58 %) »⁵⁸.

- 48 « De 21 à 37 % des émissions totales de gaz à effet de serre sont attribuables au système alimentaire. » [traduction] Voir : « Special Report: Special Report on Climate Change and Land: Chapter 5 – Food Security », 8 août 2019, IPCC : <https://www.ipcc.ch/srcccl/chapter/chapter-5/>; « Food systems account for over one-third of global greenhouse gas emissions », 9 mars 2021, Nations Unies ONU Info : <https://news.un.org/en/story/2021/03/1086822>; Ritchie, H., « Food production is responsible for one-quarter of the world's greenhouse gas emissions », 6 novembre 2019, Our World in Data : <https://ourworldindata.org/food-ghg-emissions>
- 49 « Retraits annuels d'eau douce pour l'agriculture (% des retraits totaux d'eau douce) », 2021, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et données d'AQUASTAT, Banque mondiale : <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/er.h2o.fwag.zs>
- 50 Ritchie, H., et Roser, M., « Land Use », septembre 2019, Our World in Data : <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/er.h2o.fwag.zs>
- 51 Loi canadienne sur la responsabilité en matière de carboneutralité, 2021, Open Parliament : <https://openparliament.ca/bills/43-2/C-12/>
- 52 « Solutions agricoles pour le climat », 12 avril 2021, gouvernement du Canada : <https://www.canada.ca/fr/agriculture-agroalimentaire/nouvelles/2021/03/document-dinformation--solutions-agricoles-pour-le-climat.html>
- 53 « Un environnement sain et une économie saine », 8 mars 2021, gouvernement du Canada : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2020/12/un-environnement-sain-et-une-economie-saine.html>
- 54 « Farm to Fork Strategy », 2021, Commission européenne : https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en
- 55 « Étude sur la confiance du public 2020 : Tendances de confiance et voie vers l'avant », 2020, Centre canadien pour l'intégrité des aliments : <http://www.foodintegrity.ca/wp-content/uploads/2020/11/FRE2020Summit-Research-HR2.pdf>
- 56 Ibidem.
- 57 Ibidem.
- 58 Ibidem.

Les intervenants de l'industrie agroalimentaire canadienne ont pris des mesures pour réduire leur impact environnemental. En fait, alors que la production agricole du Canada a augmenté au cours des 20 dernières années, les émissions de GES du secteur sont restées relativement stables à environ 60 Mt d'équivalent CO₂, tandis que l'intensité carbonique du secteur a diminué⁵⁹. Aujourd'hui, le secteur agricole représente environ 10 % des émissions nationales de GES du Canada⁶⁰. En ce qui concerne les solutions d'agriculture durable, les technologies d'agriculture de précision peuvent contribuer à accroître l'efficacité de l'agriculture et à réduire l'empreinte carbone ainsi que l'utilisation de pesticides et d'engrais⁶¹. Par ailleurs, les pratiques agricoles régénératrices peuvent contribuer à augmenter la teneur en carbone du sol : les cultures de couverture, la culture sans labour, la rotation accrue des cultures et la réduction de l'utilisation de produits chimiques en font partie⁶².

Normes de l'industrie

Tout en reconnaissant l'importance de l'agriculture durable, les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont noté que deux éléments sont nécessaires pour mieux soutenir les investissements à grande échelle dans les solutions d'agriculture durable : une convergence et une acceptation accrues des **normes de l'industrie** et, le cas échéant, une **préservation de l'identité** plus accessible. En discutant de la demande accrue pour des aliments durables, les personnes interrogées ont souligné la nécessité d'établir des normes universellement acceptées pour l'agriculture durable. Elles ont noté que, bien qu'il soit possible de mesurer certains attributs ou impacts sur l'environnement, comme la réduction du travail de labour, il n'est pas certain que ces mesures soient universellement acceptées, ni qu'elles justifient de qualifier un produit d'« écologiquement durable ».



Nous pouvons certainement prendre des mesures comme réduire le travail de labour, entraînant un stockage accru de carbone dans les sols. Nous pouvons aussi quantifier cette action en l'examinant d'un point de vue brut. Donc, en masse, nous pouvons regarder combien de travail de labour il y a dans le système et faire des calculs quant aux avantages sur le plan des GES, mais est-ce que nous cochons alors la bonne case et rendons le système officiellement durable sur le plan environnemental? [traduction]
 – Fonctionnaire, secteur agroalimentaire



L'aspect carbone est un sujet très chaud en ce moment. Comment montrer que les cultures produites ici sont faibles en carbone? Je pense qu'il y a là une grande occasion, mais il reste à savoir comment la quantifier et y intégrer des données. [traduction]
 – PDG, entreprise d'agriculture de précision

- 59 Bilyea, T., et autres, « L'agriculture efficace en tant que fournisseur de solutions au gaz à effet de serre », septembre 2019, Institut canadien des politiques agroalimentaires : https://capi-icpa.ca/wp-content/uploads/2019/09/2019-09-16-CAPI-fournisseur-solutions-GES-Fr_WEB.pdf.
- 60 Cette mesure exclut la consommation d'énergie à la ferme et l'énergie utilisée dans la production d'engrais. « Sources et puits de gaz à effet de serre : sommaire 2021 », 26 juin 2021, gouvernement du Canada : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/sources-puits-sommaire-2021.html>.
- 61 « Progrès de la technologie et de la recherche dans le secteur agricole et agroalimentaire pouvant favoriser les exportations canadiennes », janvier 2019, Chambres des communes : <https://www.noscommunes.ca/DocumentViewer/fr/42-1/AGRI/rapport-15/page-69>.
- 62 Bilyea, T., et autres, « L'agriculture efficace en tant que fournisseur de solutions au gaz à effet de serre », septembre 2019, Institut canadien des politiques agroalimentaires : https://capi-icpa.ca/wp-content/uploads/2019/09/2019-09-16-CAPI-fournisseur-solutions-GES-Fr_WEB.pdf.

De l'avis d'autres personnes interrogées, ce défi n'a rien de nouveau : par le passé, lorsque les consommateurs étaient prêts à payer un supplément pour certains types de produits alimentaires, les industries ont établi leurs propres normes. Comme l'a dit l'une des personnes interrogées, « plutôt que d'attendre que les gouvernements ou d'autres pays établissent ces normes, l'industrie établit ses propres normes, et c'est ensuite à l'autre partie de prouver que l'industrie a tort ». Un petit tour à l'épicerie permet de constater les nombreuses certifications et normes alimentaires établies par l'industrie dans l'ensemble du système alimentaire canadien : biologique⁶³, commerce équitable⁶⁴, sans organisme génétiquement modifié⁶⁵, halal⁶⁶, à base de plantes⁶⁷, recyclage valorisant⁶⁸, végétalien⁶⁹ et sans gluten⁷⁰ (Association canadienne de la maladie cœliaque). Cependant, puisque les gouvernements encouragent ou rendent obligatoires les produits alimentaires durables, plutôt que de laisser les consommateurs décider, des normes mondiales devront être établies.

Préservation de l'identité

Selon les personnes interrogées, lorsque les consommateurs sont prêts à payer un supplément pour un certain type d'aliment, ils veulent généralement être certains que le produit est authentique. De même, certaines entreprises ou industries n'utiliseront que certaines variétés d'un produit pour leurs caractéristiques ou traits spécifiques. Le programme de production de blé Warburtons de Paterson Grain est un exemple frappant de ce type de marché spécialisé⁷¹. Warburtons, une entreprise de boulangerie du Royaume-Uni, ne s'approvisionne en céréales qu'auprès de producteurs qui respectent les conditions de son programme : en échange de leur adhésion à ces conditions, les producteurs peuvent demander une prime supplémentaire en plus des prix normaux des céréales. De leur côté, les producteurs ont besoin de mesures pour faire le suivi des produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Dans le secteur agroalimentaire, le suivi des produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement est appelé **préservation de l'identité**.

Selon les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude, une chose reste à clarifier : les consommateurs sont-ils prêts à payer un supplément pour des aliments produits de manière durable?



Les coûts pour préserver l'identité des aliments durables tout au long de la chaîne d'approvisionnement et les produire de manière durable sont plus élevés. Présentement, il n'est pas certain que les agriculteurs sont en mesure de refiler ce coût aux consommateurs sous la forme d'une prime supplémentaire, comme ils l'ont fait dans le secteur des aliments biologiques. Il est possible que les consommateurs s'attendent à ces caractéristiques améliorées, mais, en même temps, ne veulent pas dépenser plus pour les obtenir. [traduction]
 – Chercheur, université canadienne

63 « Certified Organic », 2020, Organic Council of Ontario : <https://www.organiccouncil.ca/organics/organic-certification/>.

64 « Fairtrade International », 2021, Fairtrade International : <https://www.fairtrade.net/>.

65 « The Non-GMO Project », 2021 : <https://www.nongmoproject.org/>.

66 « Halal Certification Canada », 2021, Halal Certification Canada : <http://ifancc.org>.

67 « Driving the Industry Forward », 2020, Plant Based Foods Association : <https://www.plantbasedfoods.org/>.

68 « The Upcycled Certification Program Standard », 2021, UpcycledFood.Org : <https://www.upcycledfood.org/the-standard>.

69 « Certification – Vegan Action », 2021, Vegan Action/Vegan Awareness Foundation : <https://vegan.org/certification/>.

70 « Le Gluten-Free Certification Program (GFCP) », 2021, Association canadienne de la maladie cœliaque : <https://www.celiac.ca/fr/professionnels-de-lindustrie-alimentaire/reenseignement-sur-la-certification/>.

71 « IP Programs », 2021, Paterson Grain : <https://www.patersongrain.com/for-farmers/grain-marketing/ip-programs/>.

Néanmoins, les personnes interrogées ont noté que la demande des consommateurs sera toujours une cible mouvante et, surtout, que ce produit devra faire l'objet d'un suivi si les consommateurs sont prêts à payer un supplément pour un produit alimentaire précis. Parallèlement, le système alimentaire mondial exige de plus en plus de données détaillées sur la chaîne d'approvisionnement pour satisfaire aux exigences en matière de sécurité alimentaire. Comme l'écrit l'auteure technologique dans *Blockchain Chicken Farm and Other Stories of Tech in China's Countryside*, les informations sur les aliments sont essentielles à la sécurité alimentaire : « Elles font de l'agriculture industrialisée une entreprise d'information. » De même, les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont déclaré que de répondre à la demande des consommateurs consistait à créer davantage de transparence : plus les producteurs disposent de données et meilleurs sont leurs registres, plus il est facile d'évaluer la façon dont ils produisent leurs cultures et de saisir de nouvelles occasions. Aujourd'hui, le domaine de la préservation de l'identité est peuplé d'une suite diversifiée de technologies : codes à barres, identification par radiofréquence, codes QR et autres solutions d'identité numérique, outils de gestion des enregistrements fondés sur la blockchain, et solutions de chaîne d'approvisionnement qui exploitent les capteurs d'IdO, les données massives et l'intelligence artificielle. Les personnes interrogées se sont montrées enthousiastes quant à l'expansion future des occasions dans ce domaine.



Il faut savoir que de préserver l'identité coûte de l'argent, et je pense qu'il y aura une formidable occasion dans les décennies à venir pour livrer plus efficacement des produits alimentaires. [traduction]

– Chercheur, université canadienne

Protéines de substitution

La demande mondiale d'aliments durables a donné naissance à de nombreux régimes alimentaires soucieux de l'environnement. Citons notamment le **régime biologique**, qui met l'accent sur la consommation d'aliments produits selon des normes environnementales strictes⁷², le **régime des 100 miles**, qui met l'accent sur la consommation d'aliments cultivés localement, et les **régimes flexitariens, végétariens, végétaliens et à base de plantes**, qui, à des degrés divers, mettent l'accent sur une consommation réduite en viande et produits laitiers. Cette dernière catégorie de régimes qui vise à réduire la consommation de viande et de produits laitiers a mené à la création d'une nouvelle industrie : les **protéines de substitution**.

La production et la consommation de viande et de produits laitiers ont explosé au cours des 50 dernières années, tout comme les émissions de GES, la consommation d'eau douce et l'utilisation des terres⁷³. Par rapport aux protéines végétales, la viande et les produits laitiers utilisent plus de terres et émettent plus de GES par unité de protéine⁷⁴. À l'exception des noix, la viande et les produits laitiers utilisent également plus d'eau⁷⁵.

72 « Organic 101: What the USDA Organic Label Means », 2021, département de l'Agriculture des États-Unis : <https://www.usda.gov/media/blog/2012/03/22/organic-101-what-usda-organic-label-means>; « Certified Organic », 2020, Organic Council of Ontario : <https://www.organiccouncil.ca/organics/organic-certification/>

73 Ritchie, H., et Roser, M., « Meat and Dairy Production », novembre 2019, Our World in Data : <https://ourworldindata.org/meat-production>. Cependant, les GES associés à la production de viande et de produits laitiers varient selon le pays : « Selon les constatations d'AAC, le Canada est l'un des producteurs les plus efficaces, classé au 90e percentile du bas de l'intensité des émissions de GES pour ce qui est de la production de bœuf par rapport aux chiffres mondiaux. » Bilyea, T., et autres, « L'agriculture efficace en tant que fournisseur de solutions au gaz à effet de serre », septembre 2019, Institut canadien des politiques agroalimentaires : https://capi-icpa.ca/wp-content/uploads/2019/09/2019-09-16-CAPI-fournisseur-solutions-GES-Fr_WEB.pdf

74 Ritchie, H., et Roser, M., « Environmental impacts of food production », juin 2021, Our World in Data : <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food?country=>

75 Ibidem.

Consommer moins de viande et de produits laitiers et davantage de protéines de substitution⁷⁶ peut donc avoir un impact positif sur l'environnement⁷⁷. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, l'adoption de « régimes alimentaires sains et durables présentent d'importantes possibilités de réduire les émissions de GES des systèmes alimentaires et d'améliorer la santé⁷⁸ ».

L'industrie des protéines de substitution, qui comprend **la viande et les produits laitiers à base de plantes, les protéines cultivées à base de viande ou de cellules, et les protéines de substitution issues de la fermentation**, est née de ces défis au cours des dernières années. Composée de protéines, de matières grasses, de vitamines, de minéraux et d'eau, la **viande à base de plantes** est produite à partir de plantes et de végétaux à l'aide de techniques de transformation alimentaire de haute technologie. La **viande cultivée**, qui est identique à la viande traditionnelle à l'échelle cellulaire, est produite à partir de cellules⁸⁰. La **fermentation** est un processus de longue date qui utilise des micro-organismes pour produire des protéines de substitution⁸¹.

Les consommateurs se tournent de plus en plus vers les produits à base de plantes, qui constituent la plus grande source de protéines de substitution. Une enquête menée par Deloitte en 2021 a révélé que 44 % des consommateurs interrogés au Canada ont essayé de consommer moins de viande au cours de la dernière année⁸². En outre, 79 % des consommateurs interrogés ont augmenté leurs dépenses en laits à base de plantes et autres produits non laitiers en 2021, tandis que 72 % ont augmenté leurs achats de produits de viande de substitution⁸³. Encore une fois, les jeunes Canadiens âgés de 18 à 23 ans sont à l'origine de cette tendance : « Par rapport aux Canadiens âgés d'au moins 24 ans, les plus jeunes sont plus susceptibles de dire qu'ils recherchent activement des épicerie, des restaurants et des recettes offrant des options à base de plantes ou des substituts à la viande⁸⁴ ».

Bien que les recherches montrent que la demande d'options à base de plantes continuera de croître, compte tenu de la valeur marchande, la viande reste la forme dominante de protéines⁸⁵. De plus, la consommation de viande et de produits laitiers augmente généralement avec le revenu et l'urbanisation, ce qui signifie que la production de viande et de produits laitiers est susceptible d'augmenter dans les marchés en développement dans un avenir prévisible⁸⁶. Néanmoins, le Canada est un exportateur majeur de lentilles, de haricots secs, de pois secs et de soja⁸⁷, faisant de l'industrie des protéines de substitution une possibilité intéressante. L'organisation Protein Industries Canada, créée par le gouvernement fédéral en 2018, s'efforce « d'accélérer l'innovation et la compétitivité du secteur des protéines végétales au Canada » et de faire du Canada « un chef de file mondial dans le secteur des protéines végétales⁸⁸ ».

- 76 McKinsey & Company définit les protéines de substitution comme des ingrédients riches en protéines provenant de plantes, d'insectes, de champignons ou de cultures de tissus pour remplacer les sources animales conventionnelles. Voir : « Alternative proteins: The race for market share is on », 16 août 2019, McKinsey & Company : <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/alternative-proteins-the-race-for-market-share-is-on>
- 77 Toutefois, l'empreinte carbone des analogues de viande comme la viande synthétique (faite à partir de produits végétaux), la viande cultivée et les insectes par rapport aux protéines végétales non transformées est plus incertaine en raison des différences de production. Voir : « Special Report: Special Report on Climate Change and Land: Chapter 5 – Food Security », 8 août 2019, IPCC : <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/>
- 78 « Special Report: Special Report on Climate Change and Land: Chapter 5 – Food Security », 8 août 2019, IPCC : <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/> [traduction]
- 79 « Plant-based meat », 2021, Good Food Institute : <https://gfi.org/plant-based/>
- 80 « Cultivated meat », 2021, Good Food Institute : <https://gfi.org/cultivated/>
- 81 « Fermentation », 2021, Good Food Institute : <https://gfi.org/fermentation/>
- 82 « The future of food: a Canadian perspective – The conflicted consumer 2021 food consumer survey », 2021, Deloitte : https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ca/Documents/consumer-business/ca_futureoffood_pov_en_AODA.pdf
- 83 Ibidem.
- 84 « Étude sur la confiance du public 2020 : Tendances de confiance et voie vers l'avant », 2020, Centre canadien pour l'intégrité des aliments : <http://www.foodintegrity.ca/wp-content/uploads/2020/11/FRE2020Summit-Research-HR2.pdf>
- 85 Ibidem; « Alternative proteins: The race for market share is on », 16 août 2019, McKinsey & Company : <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/alternative-proteins-the-race-for-market-share-is-on>.
- 86 Ritchie, H., et Roser, M., « Meat and Dairy Production », novembre 2019, Our World in Data : <https://ourworldindata.org/meat-production>
- 87 « Pays par produits », 2021, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture : http://www.fao.org/faostat/fr/#rankings/countries_by_commodity_exports.
- 88 « Qui sommes-nous », 2021, Protein Industries Canada : <https://www.proteinindustriescanada.ca/fr/qui-sommes-nous>

4

Biotechnologie agricole et bioéconomie

La bioéconomie canadienne utilise les ressources de l'agriculture, de la foresterie, de la biomasse issue de la pêche et d'autres déchets organiques pour créer des bioproduits (p. ex. des solutions de remplacement renouvelables aux produits industriels non renouvelables, qui sont souvent nocifs pour l'environnement). BioTalent Canada divise la bioéconomie en quatre sous-industries : la biosanté, la bioénergie, la bioindustrie et la **biotechnologie agricole** (qui comprend les nutriments et suppléments pour animaux, les vaccins pour le bétail, et la génétique végétale et animale)⁸⁹.

La **biotechnologie agricole**, quant à elle, est un ensemble de techniques et d'outils hautement perfectionnés utilisés par les scientifiques pour comprendre ou manipuler la composition génétique des organismes en vue de leur utilisation dans la production ou la transformation de produits agricoles. Par exemple, les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude se sont montrées particulièrement enthousiastes quant au rôle de la biotechnologie dans le développement de nouvelles variétés de plantes dotées de caractéristiques bénéfiques (telles que des cultures nécessitant moins d'eau, d'engrais ou de terre, ou immunisées contre certains parasites ou maladies). Comme l'a fait remarquer l'une des personnes interrogées, « il est important que l'agriculture soit aussi efficace que possible à tous les niveaux afin de garantir l'approvisionnement alimentaire d'une population croissante ». Par conséquent, « les biotechnologies végétales et la génétique des plantes doivent relever de nombreux défis ». Les commentaires suivants des personnes interrogées démontrent notamment comment la biotechnologie peut être appliquée à la production et à la transformation des aliments.



Nous travaillons notamment dans le domaine de la biologie végétale, qui consiste à créer une gamme diversifiée de produits et à améliorer les variétés de plantes à la disposition des producteurs. Il s'agit également d'obtenir des informations auprès des consommateurs afin de positionner adéquatement ces produits sur le marché. Nous cherchons à comprendre ce que veulent les consommateurs afin de pouvoir sélectionner les caractères de consommation qui auront du succès au bout du compte lorsque le produit entrera sur le marché. [traduction]

– Cadre, entreprise horticole



L'édition génomique peut modifier les propriétés des matières premières, mais elle sera également très importante dans la transformation des aliments, c'est-à-dire la façon dont les matières premières sont transformées. L'édition génomique offre un incroyable potentiel dans l'industrie de la transformation alimentaire. Il faut penser à la façon dont nous pourrions utiliser les bactéries, les levures et toutes sortes de techniques d'édition qui ont un impact direct sur l'odeur, la saveur et l'aspect des aliments, et d'autres aspects comme la durée de conservation. [traduction]

– Chercheur, université canadienne

88

« Qui sommes-nous », 2021, Protein Industries Canada : <https://www.proteinindustriescanada.ca/fr/qui-sommes-nous>

89

« Infos sur la bioéconomie », 2021, Biotalent Canada : <https://www.biotalent.ca/fr/infosur-la-bioeconomie/>

Ces techniques trouvent leur origine loin dans le temps et sont liées à une longue histoire de croisements et de sélection visant à rechercher les meilleures variétés et les plus rentables. La biotechnologie s'applique à plusieurs disciplines, dont la génétique, la biochimie et la biologie moléculaire⁹⁰. Une série de termes ont été inventés pour identifier les différentes branches de la biotechnologie (dont certaines s'appliquent à l'agriculture)⁹¹.



La **biotechnologie verte** est une biotechnologie appliquée aux processus agricoles, comme la sélection et la domestication de plantes par micropropagation, ou la conception de plantes transgéniques pour qu'elles poussent dans des environnements précis en présence (ou en l'absence) de produits chimiques. Certains espèrent que la biotechnologie verte produira des solutions plus écologiques que l'agriculture industrielle traditionnelle. L'ingénierie d'une plante pour exprimer un pesticide, éliminant ainsi la nécessité d'une application externe de pesticides, en est un exemple.



La **biotechnologie jaune** désigne l'utilisation de la biotechnologie dans la production alimentaire, comme la vinification, la fabrication du fromage et le brassage par fermentation. Elle comprend également des approches fondées sur la biotechnologie pour la lutte contre les insectes nuisibles, la caractérisation et l'utilisation de principes actifs ou de gènes d'insectes pour la recherche ou l'application en agriculture et en médecine, et diverses autres approches.



La **biotechnologie rouge** « touche la biotechnologie à des fins médicales, y compris l'ingénierie des thérapies géniques et la conception d'organismes qui créent des antibiotiques⁹² ». Dans le secteur agroalimentaire, la biotechnologie rouge se concentre sur l'amélioration de la santé du bétail.

La **bioinformatique** est un domaine interdisciplinaire qui aborde des problèmes biologiques à l'aide de techniques informatiques et rend possible l'organisation rapide ainsi que l'analyse des données biologiques⁹³. Ce domaine peut également être appelé **biologie computationnelle** et défini comme la conceptualisation de la biologie en termes de molécules et l'application de techniques informatiques pour comprendre et organiser les informations associées à ces molécules, à grande échelle. La bioinformatique joue un rôle clé dans divers domaines, comme la génomique fonctionnelle, la génomique structurale et la protéomique, et constitue une composante essentielle du secteur biotechnologique et pharmaceutique⁹⁴.

L'industrie canadienne des technologies agroalimentaires en bref

À l'aide des données de PitchBook, le CTIC a compilé un ensemble de données sur 261 entreprises qui exercent leurs activités dans le secteur des technologies agroalimentaires au Canada. Ces entreprises sont présentées en détail dans les sections ci-dessous, lesquelles proposent aussi des renseignements sur les principaux secteurs d'activité et industries verticales technologiques, l'emplacement du siège social, le nombre d'employés et l'année de fondation.

90 « What is Biotechnology », 2021, Norwegian University of Science and Technology : <https://www.ntnu.edu/ibt/about-us/what-is-biotechnology>

91 « Biotechnology and its impact on today's and tomorrow's world », 2021, Iberdrola : <https://www.iberdrola.com/innovation/what-is-biotechnology>

92 Cutean, A., et autres, « Tendances de croissance au Canada : Aperçu des talents numériques pour 2023 », octobre 2019, CTIC : <http://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2019/11/canada-growth-currency-FINAL-FRENCH-10.28.19.pdf>

93 « Bioinformatics », 2021, National Human Genome Research Institute : <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Bioinformatics>

94 « Computational biology and bioinformatics », 2021, Springer Nature Limited : <https://www.nature.com/subjects/computational-biology-and-bioinformatics>

Industries verticales technologiques et secteurs d'activité majeurs

Les entreprises technologiques transcendent les catégories traditionnelles de secteurs et d'industries, compliquant la catégorisation des jeunes entreprises et des entreprises technologiques. Par exemple, une entreprise de technologies financières fournissant des outils logiciels aux banques pourrait être catégorisée à la fois dans le secteur des services financiers et celui des TIC. C'est également le cas des entreprises de technologies agroalimentaires, qui peuvent être classées à la fois dans le secteur de l'agroalimentaire et celui des TIC. De même, les classifications industrielles peuvent être trop larges pour fournir des informations utiles sur les gammes de produits ou de services d'une entreprise. Par exemple, parmi la liste des entreprises, l'agriculture, les logiciels et les produits et services commerciaux constituaient les trois principaux groupes d'industries. D'autres approches de classification des jeunes entreprises, comme les industries verticales technologiques majeures, peuvent fournir d'autres perspectives : parmi les entreprises de l'ensemble de données, les 10 industries verticales technologiques les plus importantes (en ordre d'importance) étaient les technologies agricoles, la fabrication, les technologies propres, l'intelligence artificielle et l'apprentissage machine, la robotique et les drones, les sciences de la vie, la technologie mobile, les technologies alimentaires, les modes de vie sains et durables, le bien-être, et les logiciels en tant que service⁹⁵.

Plus largement, le CTIC a analysé les descriptions des entreprises afin de relever les thèmes communs. Dans l'ensemble, 10 gammes de produits et de services s'en dégagent : l'agriculture de précision, les environnements de culture contrôlés, les intrants relatifs à la nutrition et à la protection des cultures, les équipements agricoles de haute technologie, la biotechnologie agricole, les services aux entreprises, les protéines de substitution, les technologies d'élevage, la transformation alimentaire de haute technologie, et les technologies de l'aquaculture (voir la **figure 4**).

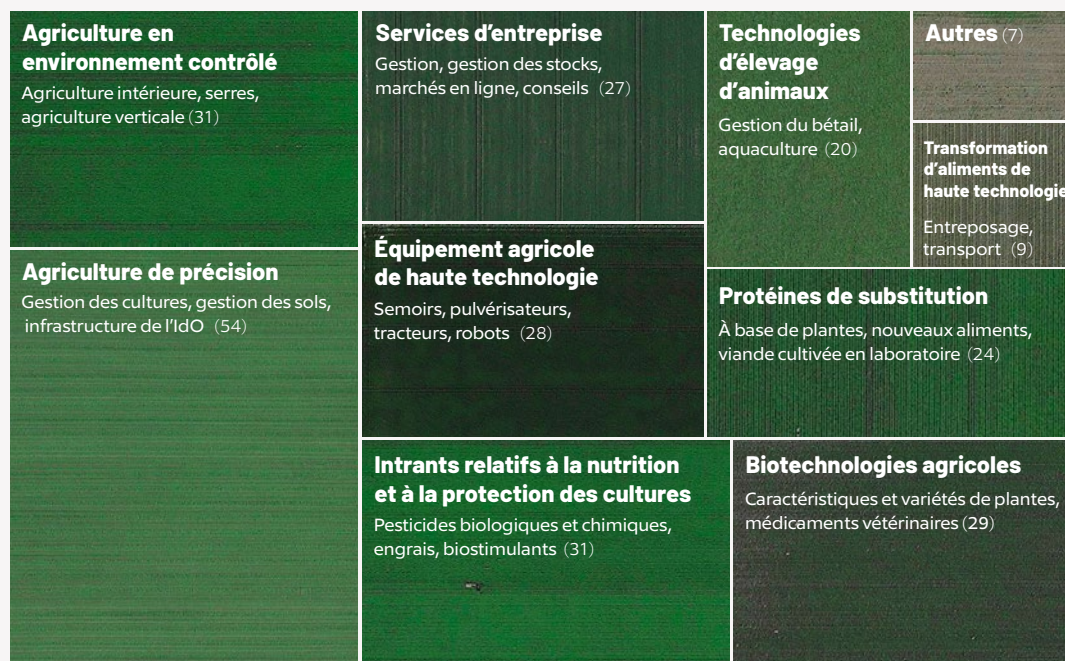


Figure 4 : Parmi la liste des 261 entreprises de technologies agroalimentaires, 10 catégories de gammes de produits et de services essentielles s'en dégagent

Source : Données de PitchBook, analyse du CTIC. CTIC, 2021.

95 « What are industry verticals? », 2021, PitchBook : <https://pitchbook.com/what-are-industry-verticals>

Emplacement du siège social

Le siège social des entreprises de l'ensemble de données est principalement situé au Canada (93 %) et aux États-Unis (5 %), une poignée d'entreprises ayant leur siège social en Europe et en Asie. Les entreprises dont le siège social est situé au Canada se trouvent principalement en Ontario (33 %), en Colombie-Britannique (18 %), en Alberta (17 %), au Québec (11 %), en Saskatchewan (10 %) et au Manitoba (5 %). La **figure 5** fournit des détails supplémentaires sur les types d'entreprises situées dans chaque province, ventilés par groupe d'industries primaires.

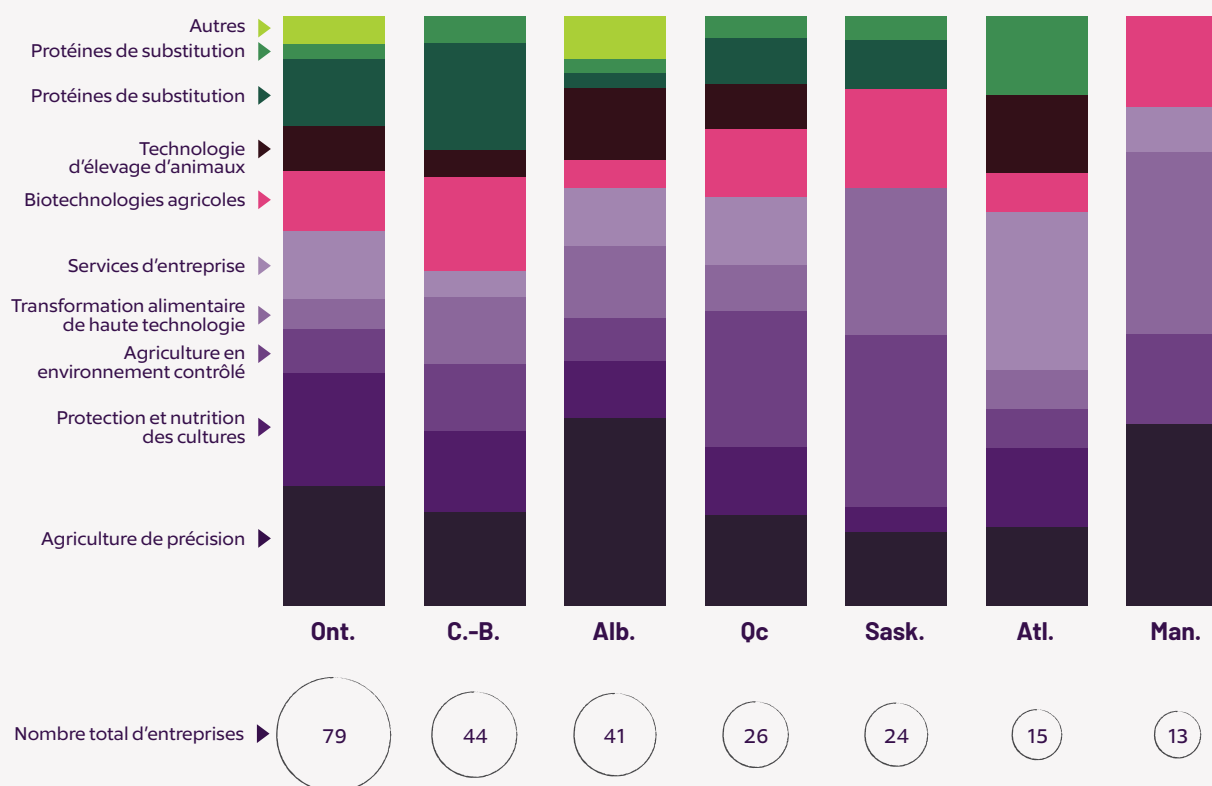


Figure 5 : Entreprises de technologies agricoles selon l'emplacement du siège social (province) et l'industrie.

Le terme « Atl. » désigne le Canada atlantique.

Source : Données de PitchBook. CTIC, 2021.

Taille et année de fondation des entreprises

La taille et l'année de fondation sont des indicateurs utiles de la maturité des entreprises. Alors que les petites et moyennes entreprises (PME)⁹⁶ représentent 99,8 % de toutes les entreprises canadiennes⁹⁷, 96 % des entreprises de technologies agroalimentaires de l'ensemble de données sont des PME (voir la figure 6 pour plus de détails). Presque toutes les entreprises de l'ensemble de données qui sont considérées comme de grandes entreprises (p. ex. comptant 500 employés ou plus) sont situées dans des industries agricoles établies de longue date : les biotechnologies agricoles, les intrants relatifs à la nutrition et à la protection des cultures comme les engrais et les pesticides, et les équipements agricoles de haute technologie. Dans ces trois catégories, les entreprises emploient en moyenne 2 123 employés.

96 Selon les normes de classification élaborées par Statistique Canada, les PME sont des entreprises comptant moins de 500 employés.

97 « Principales statistiques relatives aux petites entreprises – 2020 », Innovation, Sciences et Développement économique Canada : https://www.ic.gc.ca/eic/site/061.nsf/fra/h_03126.html.

Par ailleurs, les entreprises de l'ensemble de données dont les secteurs d'activité sont axés sur des produits et des services développés plus récemment ont tendance à être plus petites. Les entreprises axées sur l'agriculture de précision, les protéines de substitution, l'agriculture en environnement contrôlé et les technologies d'élevage comptent en moyenne de 48 à 58 employés. Les entreprises de l'ensemble de données qui fournissent des services aux entreprises ou font de la transformation alimentaire de haute technologie comptent en moyenne de 25 à 28 employés.

Des tendances similaires apparaissent quant à l'année de fondation des entreprises. Les entreprises de l'ensemble de données qui s'occupent d'industries agricoles de longue date tendent à exister depuis plus longtemps, tandis que celles dont les principaux secteurs d'activité ont été développés plus récemment ont tendance à être plus récentes. En moyenne, les entreprises axées sur les biotechnologies agricoles (1994), les intrants relatifs à la nutrition et à la protection des cultures comme les engrais et les pesticides (1994), et les équipements agricoles de haute technologie (1996) ont été fondées au milieu des années 1990. De même, la date moyenne de fondation des entreprises d'agriculture de précision dans l'ensemble de données est 2008. Elle est de 2009 pour les services aux entreprises, de 2010 pour les protéines de substitution, de 2011 pour la transformation alimentaire de haute technologie, et de 2011 pour l'agriculture en environnement contrôlé.

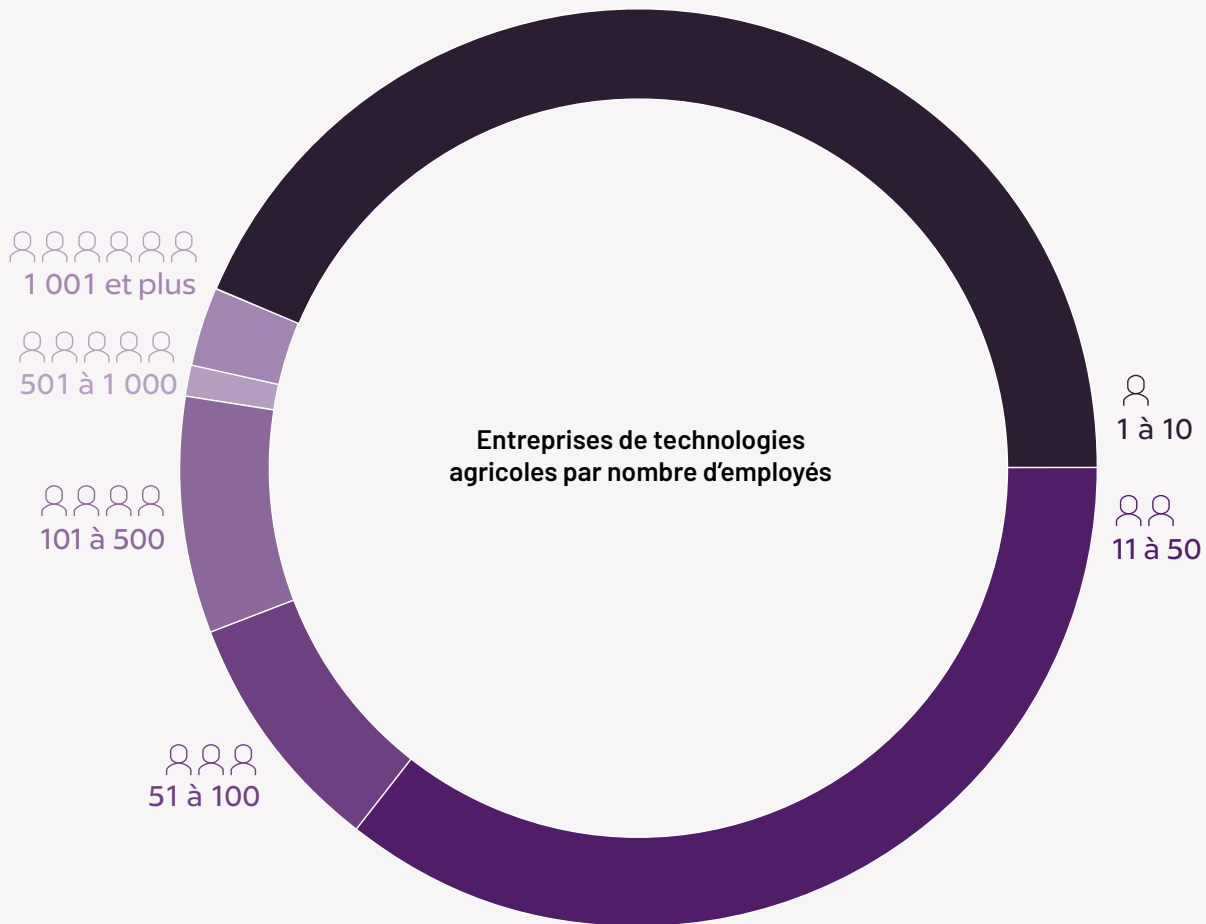


Figure 6 : Entreprises de technologies agroalimentaires par nombre d'employés.
Source : CTIC, 2021.



●●○ SECTION II

Talent en technologies agroalimentaires

Compte tenu de la disponibilité de vastes terres agricoles au Canada, de l'augmentation des niveaux de consommation et de la hausse de la demande mondiale pour les principaux produits alimentaires, le secteur agricole canadien est bien placé pour connaître une croissance à long terme. Le Canada peut saisir cette occasion et accroître son offre de produits alimentaires sûrs, fiables, durables, traçables et de haute qualité en adoptant davantage de technologies numériques de pointe. Toutefois, selon le Conseil sur la stratégie industrielle du Canada, pour y parvenir, le Canada doit accélérer les investissements dans l'infrastructure à large bande pour assurer la connectivité, accroître l'adoption des technologies numériques qui sont essentielles à l'amélioration de la productivité dans le secteur, encourager les investissements numériques dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, et **bâtir une réserve de talents du XXI^e siècle en mettant l'accent sur les compétences numériques et entrepreneuriales**⁹⁸. La section II fournit un aperçu plus détaillé de la demande et des besoins du marché du travail de l'industrie des technologies agroalimentaires. Elle commence par l'analyse du marché du travail à partir de données historiques, notamment les prévisions du CTIC relatives au marché du travail, les données sur l'emploi de Statistique Canada et les tendances en matière d'affichage de postes. La section II examine de plus près les rôles et les compétences nécessaires dans l'ensemble de l'écosystème des technologies agroalimentaires, l'impact croissant de la technologie sur l'agriculture, et la façon dont les talents sont attirés vers l'industrie depuis des secteurs technologiques autres que l'agriculture.

98

« Redémarrer, relancer, repenser la prospérité de tous les Canadiens », rapport du Conseil sur la stratégie industrielle du Canada, novembre 2020 : [https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/vwapj/00118a_fr.pdf/\\$file/00118a_fr.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/vwapj/00118a_fr.pdf/$file/00118a_fr.pdf)

Demande du marché du travail

Un rapport de 2019 de la Banque Royale du Canada a révélé que le secteur agroalimentaire canadien fait face à une grave pénurie de compétences et de main-d'œuvre et que le secteur s'installe dans une « crise démographique qui s'étendra sur une décennie⁹⁹ ». Cette même année, le Conseil canadien pour les ressources humaines en agriculture (CCRHA) prévoyait que la pénurie de main-d'œuvre dans le secteur agricole allait presque doubler d'ici 2029, c'est-à-dire que près d'un emploi sur trois dans ce secteur restera vacant¹⁰⁰. À mesure que le besoin de travailleurs augmentera, la hausse du nombre de départs à la retraite d'une main-d'œuvre vieillissante et le faible nombre de jeunes qui poursuivent une carrière en agriculture aggraveront la pénurie actuelle¹⁰¹. Les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont fait écho à ces tendances.



Je pense que l'âge moyen d'un électricien en ce moment dans une grande usine de transformation est de 55 ans. L'âge moyen d'un ouvrier d'usine, aux dernières nouvelles, variait entre 44 et 48 ans. Les machinistes sont maintenant tous typiquement dans la cinquantaine. Nous assistons à une baisse importante de la main-d'œuvre. La main-d'œuvre est plus âgée. [traduction]

– Fonctionnaire, secteur des pêches et des océans

Les talents hautement qualifiés sont la clé de la croissance réussie de tout secteur de l'économie. La pénurie de main-d'œuvre de professionnels compétents et qualifiés a été recensée comme une préoccupation majeure ayant un impact sur la capacité du secteur agricole à se développer¹⁰². En raison des nouvelles avancées technologiques et de la demande croissante de professionnels des technologies agricoles, la pénurie de main-d'œuvre devrait s'aggraver¹⁰³.

Le CTIC a publié son plus récent rapport sur les perspectives du marché du travail, intitulé *Toujours à l'avant-garde – Aperçu des talents numériques pour 2025*, en août 2021¹⁰⁴. Le rapport souligne que la technologie agroalimentaire est un domaine d'innovation clé pour l'économie canadienne et propose une prévision d'emploi pour l'industrie. L'emploi dans l'industrie des technologies agroalimentaires a connu une croissance plus rapide que les autres secteurs « traditionnels » de l'économie au cours des 10 dernières années, probablement en raison de l'adoption accrue de la technologie. L'industrie des technologies agroalimentaires devrait continuer d'afficher de bons résultats alors que la pandémie de COVID-19 accélère les tendances à la numérisation¹⁰⁵.

La **figure 7** montre les prévisions d'emploi du CTIC pour l'industrie des technologies agroalimentaires. L'industrie a connu une baisse de l'emploi en 2020, mais elle devrait être sur la voie de la reprise à partir du milieu de 2021. Selon un scénario de croissance modérée, la demande dans l'industrie des technologies agroalimentaires atteindra environ 49 000 travailleurs d'ici le quatrième trimestre de 2025. Si ces postes sont dotés, le nombre total d'emplois dans l'industrie grimpera à 683 000 travailleurs d'ici la fin de 2025.

- 99 "Farmer 4.0: How the coming skills revolution can transform agriculture," August 2019, RBC Thought Leadership, http://www.rbc.com/economics/economic-reports/pdf/other-reports/Farmer4_aug2019.pdf
- 100 "How Labour Challenges Will Shape the Future of Agriculture: Agriculture Forecast to 2029," 2019, CAHRC-CCRHA, https://cahrc-ccrha.ca/sites/default/files/National%20Report_Final%20-%20EN%202019%20reduced%20size.pdf
- 101 "How Labour Challenges Will Shape the Future of Agriculture: Agriculture Forecast to 2029," 2019, CAHRC-CCRHA, https://cahrc-ccrha.ca/sites/default/files/National%20Report_Final%20-%20EN%202019%20reduced%20size.pdf
- 102 "Restart, recover, and reimagine prosperity for all Canadians," A Report from Canada's Industry Strategy Council, November 2020, [https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/vwapj/00118a_en.pdf/\\$file/00118a_en.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/vwapj/00118a_en.pdf/$file/00118a_en.pdf)
- 103 Duncan, E., et al., "Automated pastures and the digital divide: How agricultural technologies are shaping labour and rural communities," *Journal of Rural Studies*, Volume 68, 2019, Pages 112-122, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016718307769>
- 104 Ivus, M; Kotak, A., "Onwards and Upwards - Digital Talent Outlook 2025," Information and Communications Technology Council (ICTC), August 2021, <https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2021/08/digital-talent-outlook-for-2025.pdf>
- 105 Ivus, M; Kotak, A., "Onwards and Upwards - Digital Talent Outlook 2025," Information and Communications Technology Council (ICTC), August 2021, <https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2021/08/digital-talent-outlook-for-2025.pdf>

Il est important de noter que pour répondre à cette demande, il ne suffira pas d'augmenter le nombre de travailleurs dans l'industrie : une courte visite sur un site d'offres d'emploi axé sur l'agriculture¹⁰⁶ montre rapidement que le travail agroalimentaire a profondément changé au fil du temps, de nombreuses compétences requises des travailleurs agricoles étant désormais numériques.

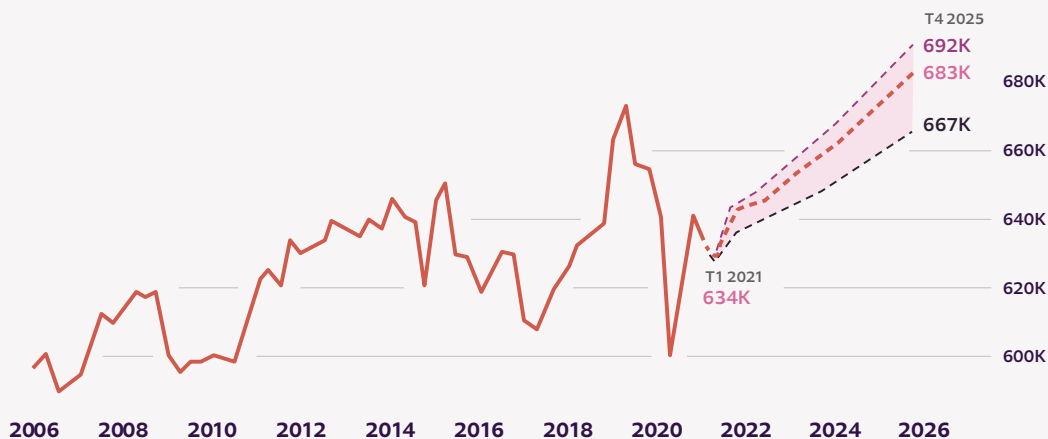


Figure 7 : Emploi dans l'industrie canadienne des technologies agroalimentaires (prévisions), 2021-2025.
Source : CTIC, 2021. Données d'emploi désaisonnalisées.

Données historiques de l'emploi

Pour analyser en détail la demande croissante de spécialistes des technologies agricoles, le CTIC a mené un « exercice de schématisation ». En s'appuyant sur les résultats de recherches primaires et secondaires, le CTIC a relevé des professions numériques spécifiques en lien direct avec l'industrie des technologies agroalimentaires, puis a relié ces professions aux codes de la Classification nationale des professions (CNP)¹⁰⁷. Le tableau 1 résume les professions numériques et agroalimentaires fusionnées qui ont été recensées comme ayant connu une forte croissance de l'emploi au cours des 5 dernières années : les professions (CNP) qui ont connu la plus forte croissance de l'emploi, enregistrant un taux de croissance annuel moyen de 20 %, sont les analystes de bases de données et administrateurs de données (CNP 2172), les représentants, consultants et spécialistes en agriculture (CNP 2123), et les ingénieurs et concepteurs de logiciels (CNP 2173). Sachant qu'une « quatrième révolution dans la technologie agricole est en cours et il n'est question que de données¹⁰⁸ », l'importance de ces rôles n'est pas surprenante. Les personnes interrogées dans le cadre de cette étude se font l'écho de cette tendance.



Au cours des 10 dernières années, j'ai vu une augmentation considérable de la collecte de données et l'essor des données massives dans tous les aspects de l'agriculture. Vous pouvez recueillir toutes les données que vous voulez, mais au bout du compte, qui les interprète? Je pense que le besoin de personnes qui savent trier les données et les compiler pour en dégager réellement les tendances est accru. [traduction]

– PDG, entreprise de technologies agricoles d'entreprise

¹⁰⁶ "Indeed: Agriculture Technology," February 16th, 2021, Indeed, <https://ca.indeed.com/Agriculture-Technology-jobs-in-Alberta>

¹⁰⁷ "National Occupational Classification," May 3, 2021, Gouvernement of Canada, <https://noc.esdc.gc.ca/>

¹⁰⁸ "Farmer 4.0: How the coming skills revolution can transform agriculture," August 2019, RBC Thought Leadership, http://www.rbc.com/economics/economic-reports/pdf/other-reports/Farmer4_aug2019.pdf



Nous avons une petite équipe et de nombreux rôles : nous avons des rôles liés aux logiciels, quelqu'un qui s'occupe du développement de nos applications et de notre présence en ligne, des rôles dans le développement de matériel et de micrologiciels, et bien sûr, l'analyse des données est très importante. Nous avons également des agronomes qui s'assurent que nous n'inventons pas des outils qui sont inutiles. Donc, au niveau supérieur, ce sont les rôles en agronomie, matériel et logiciel. [traduction]
 – Directeur principal de la technologie, entreprise de technologies agroalimentaires

CNP	Groupe professionnel	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Taux de croissance annuel moyen
2172	Analystes de bases de données et administrateurs de données	1 700	4,70	3 500	2 100	1 800	4 600	50,4 %
2123	Représentants, consultants et spécialistes en agriculture	1 800	3 700	2 100	3 900	2 900	3 000	25,2 %
2173	Ingénieurs et concepteurs de logiciels	1 700	3 300	2 800	3 700	2 200	3 400	25,0 %
2233	Technologues et techniciens en génie industriel et en génie de fabrication	3 700	7 200	5 000	5 000	7 000	6 900	20,5 %
2141	Ingénieurs d'industrie et de fabrication	3 500	3 200	2 100	3 100	2 000	4 200	15,8 %
2161	Mathématiciens, statisticiens et actuaires	2 000	3 700	2 300	3 800	4 700	1 800	14,9 %
2147	Ingénieurs informaticiens (sauf les ingénieurs et les concepteurs en logiciels)	1 600	2 100	2 100	1 800	1 900	2 500	10,8 %
2171	Consultants et analystes des systèmes d'information	3 100	3 300	3 500	4 600	3 900	4 300	7,8 %

Tableau 1 : Professions numériques à forte croissance de l'emploi dans l'industrie des technologies agroalimentaires, 2015-2020.
Source : CTIC, Enquête sur la population active de Statistique Canada.

Les CNP regroupent de vastes domaines d'activité professionnelle, ce qui signifie que les données présentées ci-dessus ne décrivent que partiellement la demande de professionnels en technologies agricoles dans l'industrie (à l'échelle macroéconomique). Pour mieux comprendre les rôles spécifiques qui sont recherchés dans ces CNP, le CTIC a créé le **tableau 2**. Ce tableau utilise l'information provenant des offres d'emploi pour dresser un aperçu des principaux rôles et des compétences spécialisées pour chaque code de la CNP indiqué dans le **tableau 1**.

CNP	Professions	Principaux emplois	Principales compétences spécialisées
2233	Technologues et techniciens en génie industriel et en génie de fabrication	<p>Techniciens, gestionnaires, superviseurs et coordonnateurs de contrôle de la qualité</p> <p>Spécialistes de la transformation</p> <p>Gestionnaires, superviseurs, spécialistes, assistants, représentants et responsables de l'assurance qualité</p> <p>Gestionnaires de la qualité et de la sécurité alimentaire</p> <p>Directeurs et gestionnaires de la qualité</p> <p>Techniciens des procédés</p> <p>Technologues</p> <p>Techniciens au traitement</p> <p>Analystes de l'assurance de la qualité des données</p> <p>Gestionnaires de la qualité des données</p>	<p>Vérification</p> <p>Contrôle de la qualité et gestion</p> <p>Sécurité alimentaire</p> <p>Analyse des risques aux points critiques</p> <p>Assurance de la sécurité</p> <p>Mesures correctives et préventives</p> <p>Science des aliments</p> <p>Systèmes de gestion de la qualité</p> <p>Microbiologie</p> <p>Fabrication d'aliments</p>
2173	Ingénieurs et concepteurs de logiciels	<p>Développeurs de logiciels</p> <p>Ingénieurs d'application</p> <p>Ingénieurs DevOps</p> <p>Programmeurs scientifiques</p> <p>Développeurs .NET</p> <p>Analystes de centre de services</p> <p>Assistants de boutique</p> <p>Concepteurs d'expérience et d'interface utilisateur</p> <p>Ingénieurs de données</p>	<p>C# (langage de programmation)</p> <p>.NET Framework</p> <p>Java (langage de programmation)</p> <p>JavaScript (langage de programmation)</p> <p>Git (système de contrôle de version)</p> <p>Développement de logiciels</p> <p>Méthodologie Agile</p> <p>SQL (langage de programmation)</p> <p>C++ (langage de programmation)</p> <p>Python (langage de programmation)</p>
2171	Consultants et analystes des systèmes d'information	<p>Analystes de systèmes</p> <p>Analystes opérationnels en planification des ressources d'entreprise</p> <p>Architectes de solutions</p> <p>Administrateurs en technologies de l'information</p> <p>Analystes principaux d'applications</p> <p>Analystes des systèmes d'information</p> <p>Gestionnaires des analystes des systèmes</p> <p>Analystes des systèmes en planification des ressources d'entreprise</p> <p>Gestionnaires de l'intégration</p> <p>Analystes des systèmes d'entreprise</p>	<p>Solutions technologiques</p> <p>Planification des ressources d'entreprise</p> <p>Processus opérationnels</p> <p>Informatique</p> <p>Méthodologie Agile</p> <p>Analyse des systèmes</p> <p>Gestion de l'information</p> <p>Ingénierie des systèmes</p> <p>SQL (langage de programmation)</p> <p>Exigences fonctionnelles</p>

CNP	Professions	Principaux emplois	Principales compétences spécialisées
2123	Représentants, consultants et spécialistes en agriculture	<p>Agronomes</p> <p>Spécialistes de terrain</p> <p>Agronomes aux ventes</p> <p>Gestionnaires géotechniques</p> <p>Irrigants</p> <p>Agronomes de terrain</p> <p>Spécialistes des cultures</p> <p>Techniciens en environnement</p> <p>Scientifique des sols</p> <p>Gestionnaires et spécialistes agricoles</p>	<p>Agriculture</p> <p>Agronomie</p> <p>Plateforme d'entreprise documentaire</p> <p>Science des sols</p> <p>Échantillonnage (statistiques)</p> <p>Production de cultures</p> <p>Ingénierie géotechnique</p> <p>Irrigation (aménagement paysager et agricole)</p> <p>Recherche appliquée</p> <p>Science agricole</p>
2141	Ingénieurs d'industrie et de fabrication	<p>Ingénieurs en automatisation</p> <p>Ingénieurs en fabrication</p> <p>Ingénieurs de structures</p> <p>Scientifiques en développement de produits</p> <p>Ingénieurs industriels</p> <p>Contrôleurs d'aliments et de boissons</p> <p>Manutentionnaires manufacturiers</p> <p>Ingénieurs en automatisation de l'assurance de la qualité</p> <p>Gestionnaires de l'assurance de la qualité</p> <p>Ingénieurs en automatisation des tests</p>	<p>Production allégée</p> <p>Automatisation</p> <p>Ingénierie des systèmes</p> <p>SolidWorks (CAO)</p> <p>Contrôleurs logiques programmables</p> <p>AutoCAD</p> <p>Contrôle de la qualité</p> <p>Pneumatique</p> <p>Électronique</p> <p>Fabrication</p>
2172	Analystes de bases de données et administrateurs de données	<p>Scientifiques des données</p> <p>Administrateurs de bases de données</p> <p>Gestionnaires de la sécurité alimentaire et de l'assurance de la qualité</p> <p>Spécialistes en horticulture</p> <p>Spécialistes des cultures</p> <p>Architectes de données</p> <p>Analystes de données</p> <p>Analystes des services d'information</p> <p>Administrateurs de réseaux</p> <p>Administrateurs de bases de données SQL</p>	<p>SQL (langage de programmation)</p> <p>Analyse de données</p> <p>Informatique</p> <p>Python (langage de programmation)</p> <p>Administration de bases de données</p> <p>Statistiques</p> <p>R (langage de programmation)</p> <p>Serveurs Microsoft SQL</p> <p>Apprentissage machine</p> <p>Microsoft Azure</p>

CNP	Professions	Principaux emplois	Principales compétences spécialisées
2147	Ingénieurs informaticiens (sauf les ingénieurs et les concepteurs en logiciels)	<ul style="list-style-type: none"> Ingénieurs en matériel Chercheurs en vision par ordinateur Analystes de réseaux Ingénieurs de réseaux Bergers Gestionnaires de matériel Concepteurs de matériel Ingénieurs en vision par ordinateur et apprentissage machine Gestionnaires de boutique Chercheurs appliqués 	<ul style="list-style-type: none"> C++ (langage de programmation) Micrologiciels Python (langage de programmation) Ingénierie électrique Conception de circuits imprimés Prototypage Optimisation des performances Vision par ordinateur Planification des capacités Cartes de circuits imprimés
2161	Mathématiciens, statisticiens et actuaires	<ul style="list-style-type: none"> Ingénieurs en géotechnique Professionnels de l'environnement Ingénieurs et techniciens en matériaux Ingénieurs civils de terrain Ingénieurs électriciens Paysagistes Ingénieurs mécaniciens principaux Ingénieurs mécaniciens Agronomes Scientifiques et biologistes de l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> Ingénierie géotechnique Génie civil Science des sols Génie de l'environnement AutoCAD Pages de serveur actives (ASP) JavaScript (langage de programmation) SQL (langage de programmation) C# (langage de programmation) Échantillonnage (statistiques)

Tableau 2 : Aperçu des principaux emplois affichés et compétences spécialisées recherchées.

Source : Données d'Emsi, site consulté en juillet 2021.

Données sur les emplois affichés

La **figure 8** montre la tendance des affichages de postes pour les huit CNP à forte croissance dans les secteurs de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche et de la chasse (SCIAN 0011) au Canada. Elle couvre la période allant de novembre 2017 à juin 2021. En juin 2021, 123 offres d'emplois étaient liées aux technologies agricoles. Parmi ces offres, Montréal, Toronto, Calgary, Laval, Kitchener, Québec, Regina, Saint John, Mississauga et Saskatoon étaient les lieux d'emploi les plus courants.

En général, les données sur les affichages de poste sont une mesure commune et pertinente pour évaluer la demande pour certains rôles.

Bien que de nombreuses personnes interrogées aient signalé une croissance de la demande de talents numériques au cours des dernières années, les données ci-dessous montrent une tendance relativement stable des affichages de postes dans la fourchette de 100 à 150 emplois, une légère fluctuation de la demande en 2019 et 2021 ayant été enregistrée. Il convient de noter que de nombreuses personnes interrogées dans le cadre de la présente étude s'appuient fortement sur le réseautage, les partenariats avec les collègues et les universités, et d'autres méthodes de recrutement informelles pour attirer des talents (par opposition à l'utilisation de sites et de plateformes d'emploi en ligne). La popularité de ces méthodes de recrutement informelles signifie que les données de la **figure 8** ne rendent que partiellement compte de la demande de talents numériques et explique pourquoi les données ci-dessous ne montrent pas de tendance à la hausse.



Pour l'instant, tout se fait par le biais de recommandations. Comme nous le savons tous, c'est un gars qui connaît un gars qui connaît une fille. [traduction]
 – Cadre, entreprise d'agriculture de précision



Personnellement, je construis mon réseau en utilisant LinkedIn. Je vais sur le site d'une université comme l'Université Dalhousie ou d'universités de la côte est et je cherche les diplômés en informatique ou administration des affaires des deux dernières années et je les ajoute sur LinkedIn. Lorsque nous affichons un poste, nous l'affichons sur nos propres comptes LinkedIn et obtenons des candidatures de cette façon. [traduction]
 – PDG, entreprise d'aquaculture

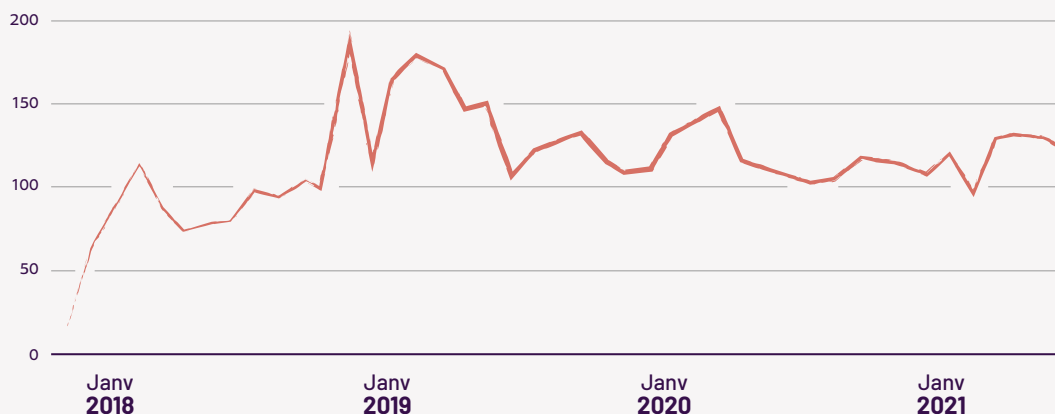


Figure 8 : Tendence des affichages de postes liés aux technologies agricoles, novembre 2017 à juin 2021.

Source : Données Emsi, site consulté en juillet 2021.

Néanmoins, les données sur les offres d'emploi constituent un moyen utile d'analyser l'impact de la technologie et de son application sur l'industrie des technologies agricoles. Par exemple, le tableau 3 montre les compétences et l'éducation en matière de technologies de pointe requises pour trois domaines différents du commerce interentreprises : **la robotique agricole, l'agriculture et l'automatisation, et l'agriculture de précision**. La catégorie de la robotique agricole indique une combinaison de technologies de production associées et d'ensembles de compétences traditionnelles, comme des systèmes de traite automatique. Les résultats pour l'agriculture et l'automatisation sont plus explicites, recensant les développeurs de logiciels, divers rôles d'automatisation et une référence aux technologies fondées sur l'infonuagique.

Les données recueillies pour l'agriculture de précision montrent une inclinaison marquée vers des technologies évoluées sur le plan opérationnel et une production dont le rendement est supérieur. Les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont contribué à clarifier la raison pour laquelle des termes comme agriculture de précision englobent un si large éventail d'activités commerciales : par exemple, une personne interrogée a noté que « l'agriculture de précision est l'un des termes les plus mal définis » dans le secteur de l'agriculture et « signifie beaucoup de choses différentes pour beaucoup de personnes différentes ». Une autre a noté qu'il est possible de trouver des rôles complètement différents dans la vaste catégorie de l'agriculture de précision : le rôle d'une personne qui s'occupe du matériel sera « totalement différent » de celui d'une personne qui veille uniquement à l'analyse des données.

Termes de recherche	Principaux emplois	Principales compétences spécialisées
Robotique agricole	Techniciens porcins Travailleurs agricoles Gestionnaires du développement d'entreprise Apiculteurs Ingénieurs en fabrication Spécialistes en produits laitiers Opérateurs d'équipement agricoles Techniciens agricoles Expéditeurs et réceptionnaires	Production laitière Traite automatique Agriculture Automatisation Scriptage Automatisation industrielle Apiculture Registres de vente Biologie Développement d'entreprise
Agriculture et automatisation	Spécialistes de l'automatisation Développeurs de programmes R Analystes de la conformité fiscale Vérificateurs de l'assurance de la qualité Techniciens en conservation Analystes en automatisation des processus robotiques Responsables de centre de services informatiques Électriciens Ingénieurs réseaux de centres de données Techniciens en génie électrique	Production laitière Automatisation Agriculture Instrumentation Contrôleurs logiques programmables Interface de programmation d'applications C# Méthodologie Agile Vérification Microsoft Azure
Agriculture de précision	Conseillers en production Consultants en solutions intégrées Agronomes Directeurs de filiales Responsables des opérations Mécaniciens de machinerie lourde Directeurs adjoints Chauffeurs de camions-citernes Spécialistes en communication	Agriculture Science des sols Production de cultures Gestion des relations d'affaires Gestion des relations avec les clients Perception Agronomie Agriculture de précision

Tableau 3 : Résultats de recherche d'une analyse ciblée des données d'emploi en technologies agricoles.
Source : Données Emsj, site consulté en juillet 2021.

Principaux rôles et compétences

Le CTIC a utilisé une combinaison de méthodes de recherche pour déterminer les rôles et les compétences clés dans l'industrie des technologies agricoles, à savoir des données secondaires provenant de sites d'offres d'emplois en ligne et de réseautage professionnel ainsi que des perspectives qualitatives tirées des entrevues réalisées auprès d'informateurs clés et des réunions du comité consultatif.



Rôles techniques dans l'agroalimentaire

Selon les personnes interrogées et les membres du comité consultatif, si de nombreux emplois ont un lien direct avec les technologies agricoles, certains sont plus recherchés et plus difficiles à doter que d'autres. Par exemple, divers types de professions technologiques traditionnelles ont été relevées comme étant les rôles techniques les plus recherchés : les développeurs de micrologiciels et de matériel, les développeurs de logiciels, les développeurs d'applications mobiles, les développeurs généralistes, les développeurs d'applications frontales, les développeurs d'applications dorsales, les scientifiques des données, les analystes opérationnels, et les concepteurs d'interface et d'expérience utilisateur. De plus, certains rôles techniques ont été recensés comme étant particulièrement difficiles à trouver : les ingénieurs de la blockchain, les experts en apprentissage machine, les scientifiques des données, et les ingénieurs en infrastructure de données. L'enquête du CTIC a confirmé que les développeurs de logiciels, les ingénieurs en logiciels, les développeurs généralistes, les concepteurs d'interface et d'expérience utilisateur, les scientifiques des données et les gestionnaires de produits sont les rôles technologiques les plus fréquemment embauchés. Lorsque nous leur avons demandé pourquoi ces rôles techniques étaient recherchés ou difficiles à trouver, les personnes interrogées ont expliqué que « le développement de logiciels est un secteur extrêmement concurrentiel » où « le recrutement est agressif, d'importantes sommes d'argent sont offertes, et l'offre est limitée ».

Les défis liés à l'adoption de technologies de pointe se traduisent par l'émergence du rôle de consultant agricole : ces personnes possèdent une expertise technologique et des connaissances opérationnelles et agricoles avancées. Une analyse des données sur la main-d'œuvre pour ce rôle révèle que les principales compétences comprennent le C++ (langage de programmation orienté objet), Salesforce (logiciel de gestion des relations avec les clients basé sur l'infonuagique) et Kafka (plateforme de traitement des flux de données en temps réel). Les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude s'accordent pour dire que « beaucoup d'entreprises embauchent des consultants pour venir installer une nouvelle machine, comme une machine dotée d'une certaine autonomie » lorsqu'elles adoptent des technologies émergentes.

En plus des compétences spécialisées, les personnes interrogées ont mentionné l'importance des compétences générales, notamment les compétences en communication, la connaissance des médias sociaux, l'esprit d'équipe, la créativité, la capacité d'adaptation et les aptitudes en vente. Les personnes interrogées et les membres du conseil consultatif ont pondéré l'importance des compétences générales à des degrés divers.

« Pour nous, l'embauche immédiate concerne les développeurs de logiciels. Ensuite, le recrutement sera probablement axé sur les affaires, comme le développement de l'entreprise, les ventes et le marketing. [traduction]
– PDG, entreprise d'automatisation agricole

« Les compétences en communication sont plus importantes que les compétences techniques. Nous examinons les curriculum vitæ et faisons une vérification de base pour nous assurer que les candidats possèdent les compétences de base, mais les autres compétences concernent la communication. Les compétences générales sont plus importantes, même dans une entreprise d'intelligence artificielle. [traduction]
– PDG, entreprise d'aquaculture

« Le principal défi consiste à trouver des talents en vente, des personnes capables de s'identifier à l'agriculteur, d'assumer un rôle consultatif en vente à la ferme, de comprendre l'entreprise et de parler à l'agriculteur. Nous avons investi des sommes importantes dans la formation de nos vendeurs sur des périodes de deux, trois et cinq ans pour les amener à un certain niveau parce que nous ne pouvons tout simplement pas embaucher ces personnes. Vous pouvez toujours embaucher quelqu'un chez un fournisseur d'équipement qui peut parler aux agriculteurs, mais il ne réussira pas à leur vendre quelque chose qu'ils n'avaient pas déjà prévu dans leur budget, comme des tracteurs, ni de logiciel ou de technologie. [traduction]
– PDG, entreprise d'agriculture de précision

Talents interdisciplinaires

La troisième citation ci-dessus souligne également l'importance de connaître l'industrie des technologies agricoles. Les talents en technologies agricoles requièrent une variété de compétences et d'aptitudes interdisciplinaires, notamment en agriculture, horticulture et biologie, ainsi que des compétences en ingénierie, fabrication, numérique, robotique et analyse de données. Certaines de ces compétences sont acquises à l'école, tandis que d'autres sont acquises par l'expérience professionnelle. Le défi consiste à trouver des talents qui possèdent une combinaison unique de ces compétences interdisciplinaires. Ces sentiments ont également été repris par d'autres personnes interrogées et membres du comité consultatif.

« Beaucoup de gens sont très bons dans des domaines précis, comme la conception de logiciels et la programmation, mais très peu de gens comprennent le concept dans son ensemble. L'agriculture est extrêmement complexe, et il y a tellement d'éléments qui doivent être compris. Il est vraiment difficile de trouver des personnes qui ont au moins une compréhension de base de l'agriculture et de toute autre spécialisation nécessaire, qu'il s'agisse de logiciels ou de matériel. [traduction]
– PDG, entreprise de solutions pour les entreprises agricoles

« Notre dirigeant principal de la technologie a de l'expérience dans le secteur des logiciels, mais il a dû apprendre à travailler avec le matériel et les sciences végétales. Nous avons dû le perfectionner à cet égard. [traduction]
– PDG, entreprise d'agriculture en environnement contrôlé



Une école peut enseigner de très bonnes techniques de culture, mais qu'en est-il des logiciels et du matériel? Ce n'est pas un ensemble naturel d'éléments à combiner les uns avec les autres : généralement, l'ingénierie et l'horticulture sont des secteurs distincts, mais je crois qu'ils doivent converger. Je ne suis pas sûr qu'il y ait une bonne réponse pour nous aujourd'hui, si ce n'est de perfectionner les compétences et d'essayer d'aller chercher les talents ailleurs, mais nous ne pouvons pas toujours nous permettre de le faire. [traduction]

– PDG, entreprise d'agriculture de précision

Le besoin de talents interdisciplinaires a déjà un impact sur les programmes universitaires liés aux technologies agroalimentaires. Alors que les rôles liés à l'économie du savoir dans le secteur agroalimentaire proviennent traditionnellement d'une formation de base en biologie et en chimie¹⁰⁹, les progrès en informatique des dernières années ont donné naissance à des programmes universitaires hybrides, tels que la **biologie computationnelle** et la **bioinformatique** (des termes parfois utilisés de manière interchangeable). La biologie computationnelle est une discipline qui adopte des méthodes issues d'un large éventail de domaines mathématiques et informatiques afin de construire des modèles pour divers types de données expérimentales et de systèmes biologiques¹¹⁰. Idéalement, cette combinaison de compétences constitue une base solide pour l'agriculture de précision dans l'ensemble d'un spectre, de la recherche aux compétences pratiques (plus précisément, être capable de comprendre et de programmer des systèmes sur le terrain, comme des véhicules autonomes ou des réseaux de capteurs). Parallèlement, le praticien dispose du bagage nécessaire pour comprendre les subtilités et les nuances des données générées ou recueillies.

Ces programmes prévoient des professions tels que biochimistes, chercheurs en génétique, bioinformaticiens, agriculteurs de précision, ou encore scientifiques, technologues ou ingénieurs en recherche alimentaire. Bien que le programme d'études soit bien défini, et que les responsabilités professionnelles dans l'industrie existent depuis longtemps, ces titres de postes n'apparaissent pas encore sur les sites d'annonces d'emploi en technologies agroalimentaires. Cela dit, les offres d'emploi actuelles montrent des signes d'un dilemme classique lié à la haute technologie et à l'expertise du domaine, en l'occurrence : devons-nous enseigner aux agriculteurs comment écrire des logiciels ou bien enseigner l'agriculture aux programmeurs? Comme l'a fait remarquer une des personnes interrogées, « l'automatisation agricole ne fait tout simplement pas partie des curriculum vitae. Il faut trouver des gens qui sortent tout juste de l'école ou les reconvertir à partir d'autres industries. » De nombreuses offres d'emploi liées aux technologies agricoles se lisent comme des annonces pour attirer des travailleurs traditionnels en TIC accompagnées d'une mise en garde entre parenthèses indiquant que l'expérience en agriculture est un « atout ».

Domaines opérationnels des technologies agroalimentaires

Le fait que l'écosystème des technologies agroalimentaires enjambe de nombreux domaines d'activités complique le recrutement de talents chevronnés et interdisciplinaires. Dans l'ensemble de ce réseau, de grandes catégories de professions émergent, reliant la recherche et le développement biologiques de pointe, les systèmes agricoles et les activités évoluées des entreprises commerciales. La biotechnologie et les sciences biologiques constituent l'épine dorsale des technologies agroalimentaires. Bon nombre de professions importantes dans l'industrie sont liées à la recherche et à l'expérimentation en laboratoire dans des secteurs comme la génétique, l'horticulture, l'agronomie et la science des aliments. Les activités dans ce secteur comprennent l'expérimentation et la modélisation génétiques, la réalisation de mesures en laboratoire, l'entretien et la récolte de parcelles, et la collecte de données sur le rendement.

¹⁰⁹ "AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY AND FOOD SCIENCES," 2021, University of British Columbia, <https://www.grad.ubc.ca/research/agricultural-biotechnology-food-sciences-rdf404>

¹¹⁰ "Computational Biology Department: School of Computer Science," 2021, Carnegie Mellon University, <http://cbd.cmu.edu/about-us/what-is-computational-biology.html>; "Computational Biology," 2019, MIT Department of Biology, <https://biology.mit.edu/faculty-and-research/areas-of-research/computational-biology/>

Deux exemples de rôles techniques requis par les entreprises canadiennes œuvrant dans ce secteur sont présentés ci-dessous. Les données sur ces rôles ont été recueillies manuellement à partir de sites d'emplois accessibles au public (données consultées en juillet 2021) et chaque exemple se fonde sur environ 5 à 10 entreprises canadiennes (dont bon nombre sont de jeunes entreprises).

Entreprise de sciences biologiques

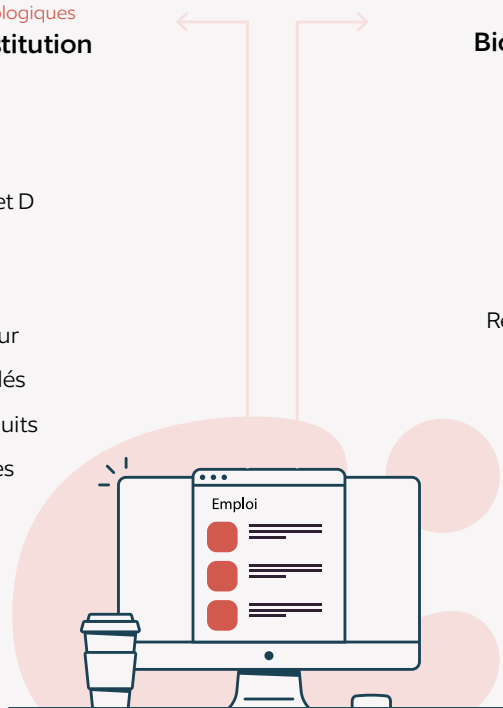
Protéines de substitution

- Dirigeant principal de la R et D
- Responsable de la R et D
- Technicien en R et D
- Scientifique, chercheur
- Ingénieur des procédés
- Gestionnaire de produits
- Spécialiste des affaires réglementaires
- Responsable de l'assurance de la qualité
- Technicien en assurance de la qualité

Entreprise de biotechnologies

Biotechnologie agricole

- Scientifique en chef
- Conseiller scientifique
- Scientifique, chercheur, associé de recherche
- Ingénieur des procédés
- Responsable de l'assurance de la qualité
- Technicien en assurance de la qualité
- Généticien, biologiste, chimiste
- Technicien de laboratoire, technicien



Les catégories des **systèmes agricoles** et des **activités opérationnelles et d'entreprise** sont étroitement liées. Un grand nombre d'investissements de nouveaux acteurs de l'industrie de l'agriculture intelligente ont été réalisés dans des domaines tels que les systèmes de l'IdO et de capteurs, ainsi que la gestion numérique de la chaîne d'approvisionnement. Par exemple, la multinationale canadienne TELUS a récemment commencé à acquérir des entreprises dans le domaine de l'agriculture intelligente¹¹¹. Les données sur les offres d'emploi montrent une évolution surprenante de la demande de compétences. L'analyse des données d'emploi de la base de données Emsi pour la période 2019-2021 met en évidence l'impact de cette infusion, par exemple la demande de rôles en ingénierie des systèmes et IdO qui émergent dans les domaines agricoles¹¹².

En ce qui concerne les professions, les rôles des **entreprises commerciales** reflètent une utilisation évoluée des plateformes numériques interentreprises. Bien qu'elles se fondent principalement sur des programmes logiciels, ces plateformes peuvent également nécessiter l'utilisation d'équipements de haute technologie pour la saisie de données. La catégorie des **entreprises commerciales** comprend des analystes et des gestionnaires de la chaîne d'approvisionnement, des spécialistes des achats, des développeurs frontaux et dorsaux, des analystes de données, des développeurs en intelligence artificielle et apprentissage machine, des analystes des politiques et des règlements, et d'autres rôles opérationnels.

111 « Produire des résultats positifs dans le domaine agricole », 2021, TELUS Agriculture : <https://www.telus.com/fr/bc/agriculture>; « Secteur agroalimentaire », 2021, TELUS Agriculture : <https://www.telus.com/fr/bc/agriculture/agri-food?linktype=ge-mainnav>
 112 Données Emsi, site consulté le 16 juillet 2020.

Les rôles liés aux systèmes agricoles découlent de l'adoption par les agriculteurs et les horticulteurs d'équipements de haute technologie « à la ferme » en vue d'automatiser les tâches ou de recueillir des données plus complètes. Par conséquent, cette catégorie comprend divers types de rôles axés sur l'ingénierie, tels que les ingénieurs système, les agronomes de précision, les ingénieurs en contrôle des procédés, les ingénieurs en agriculture de précision, les ingénieurs en environnement et les ingénieurs agricoles. Pour les équipements de collecte de données, des analystes et des scientifiques des données peuvent également être nécessaires, tandis que les équipements qui nécessitent une interface utilisateur (p. ex. une application mobile ou Web) requièrent également des ingénieurs en logiciels. La citation ci-dessous, tirée de la deuxième réunion du comité consultatif, décrit les types de rôles requis dans une entreprise d'agriculture en environnement contrôlé.



Dans notre équipe, nous avons des ingénieurs en matériel qui se concentrent sur la mécanique, l'électricité, les systèmes intégrés et les logiciels, et du côté scientifique, nous avons un horticulteur et un agriculteur dont le travail est axé sur la culture. Nous avons quelques personnes du côté des ventes et du marketing, et du côté de la chaîne d'approvisionnement, nous avons quelqu'un qui s'occupe de l'approvisionnement en matériel et qui sait comment obtenir les pièces nécessaires. Et nous avons aussi des gens qui se concentrent sur les opérations et le design industriel, et nous recherchons maintenant des personnes ayant de l'expérience de l'apprentissage machine et de la vision par ordinateur des plantes. [traduction]
 – PDG, entreprise d'agriculture en environnement contrôlé

Deux exemples de rôles techniques requis par les entreprises canadiennes de systèmes agricoles œuvrant dans ce secteur sont présentés ci-dessous. Les données sur ces rôles ont été recueillies manuellement à partir de sites d'emplois accessibles au public (données consultées en juillet 2021), et chaque exemple se fonde sur environ 5 à 10 entreprises canadiennes (dont bon nombre sont de jeunes entreprises).

Entreprise de systèmes agricoles

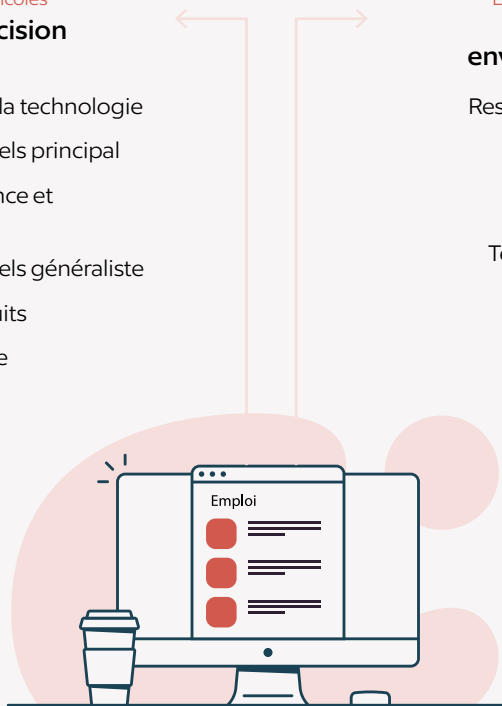
Agriculture de précision

- Dirigeant principal de la technologie
- Développeur de logiciels principal
- Concepteur d'expérience et d'interface utilisateur
- Développeur de logiciels généraliste
- Gestionnaire de produits
- Analyste de l'assurance de la qualité
- Scientifique des données, analyste
- Technicien de données
- Agronome de précision

Entreprise de systèmes agricoles

Agriculture en environnement contrôlé

- Responsable des activités sur le terrain
- Producteur, agronome, technicien
- Technicien en assurance de la qualité
- Ingénieur (mécanicien, électricien)
- Gestionnaire de projets
- Développeur de logiciels généraliste
- Responsable de la conception de projets





●●● SECTION III

Adoption de la technologie

À la fin des années 1980 et 1990, les exploitations agricoles canadiennes et les entreprises de fabrication agroalimentaire ont commencé à remplacer les premières machines électriques qui ont chamboulé l'agriculture lors de la deuxième révolution industrielle par de nouvelles technologies robotiques et d'automatisation¹¹³. Les personnes interrogées ont fait remarquer que ces technologies de la « troisième vague¹¹⁴ », notamment les techniques de récolte automatisée, la direction automatique, le contrôle de section et le GPS, constituent maintenant la norme. Toutefois, au cours des 10 dernières années, l'adoption des technologies agricoles s'est orientée vers les systèmes cyber-physiques en mettant l'accent sur la durabilité : l'agriculture 4.0¹¹⁵. Les producteurs primaires et les fabricants agroalimentaires cherchent désormais à adopter des technologies émergentes comme les drones, les robots cueilleurs de fruits, les interfaces d'intelligence artificielle et les capteurs intelligents¹¹⁶.

113 Leader, J., et autres, « Disruptive Technologies in the Agri-Food Sector », décembre 2020, Université de Waterloo : https://uwaterloo.ca/disruptive-technologies-economic-development/sites/ca.disruptive-technologies-economic-development/files/uploads/files/omafra_report-final.pdf

114 Jhonattan, M., et autres, « Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0 », 1er juin 2019, Computers in Industry, volume 108 : <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.02.002>

115 Ibidem.

116 Ibidem.

Bien que les technologies plus anciennes de la « troisième vague » connaissent souvent des taux d'adoption élevés, les taux d'adoption des technologies émergentes 4.0 au Canada sont souvent faibles, en partie en raison de leur position actuelle dans le cycle d'adoption des technologies¹¹⁷, ou comme l'a appelé un informateur clé, le « cycle d'engouement ». Néanmoins, un document récent de Statistique Canada indique que l'agriculture (ainsi que l'exploitation minière, le transport et la construction) se situe « aux derniers rangs pour ce qui est de l'intensité numérique¹¹⁸ ». Les Tables sectorielles de stratégies économiques du Canada (un modèle de collaboration entre l'industrie et le gouvernement fédéral axé sur la transformation des forces économiques du Canada en avantages mondiaux) pour le secteur agroalimentaire rapportent en outre qu'« aujourd'hui, le secteur agroalimentaire canadien affiche de faibles taux d'adoption des technologies comparativement à d'autres pays¹¹⁹. » Les données du recensement canadien de 2016 semblent confirmer cette tendance : seulement 56,1 % des agriculteurs canadiens ont déclaré utiliser des ordinateurs ou des ordinateurs portatifs dans la gestion de leur exploitation, et les autres taux d'adoption ont diminué depuis, enregistrant un faible taux de 7,92 % pour les contrôles environnementaux automatisés pour le logement des animaux¹²⁰. Bien que les taux d'adoption soient souvent faibles, il existe des différences importantes au sein des sous-secteurs, et les taux de Statistique Canada ne peuvent pas « rendre compte du fait que son [le secteur agricole] intensité numérique a décuplé¹²¹ » depuis 2020-2015. Bref, les acteurs du secteur agricole canadien adoptent régulièrement les technologies de la « quatrième vague », mais pas assez rapidement.

L'enquête de CTIC auprès de producteurs primaires et d'entreprises de technologies agricoles du Canada révèle également que les technologies de la quatrième vague sont parmi les technologies les moins souvent adoptées (voir la figure 9 pour plus de détails)¹²². Dans les cinq sous-secteurs étudiés¹²³, les technologies clés de la quatrième vague, notamment les drones, l'IdO, les capteurs et l'intelligence artificielle, figurent en bas de la liste des technologies adoptées. Les solutions infonuagiques, souvent incluses dans l'agriculture 4.0, constituent l'exception à cette tendance puisqu'elles occupent une bonne place sur la liste dans tous les secteurs, à l'exception de l'horticulture¹²⁴. Sans surprise, l'industrie des technologies agroalimentaires affiche également des taux d'adoption de l'intelligence artificielle, de l'IdO et des capteurs relativement élevés. En revanche, les ordinateurs, les outils logiciels de sécurité et les GPS présentent des taux d'adoption élevés dans la plupart des secteurs agricoles.

- 117** « Comment repérer les innovations prometteuses au-delà de l'engouement initial », 2021, Financement agricole Canada : <https://www.fcc-fac.ca/fr/savoir/comment-reperer-les-innovations-prometteuses-au-dela-de-l-engouement-initial.html>
- 118** « Mesure de l'intensité numérique dans l'économie canadienne », 24 février 2021, Statistique Canada : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/36-28-0001/2021002/article/00003-fra.htm>
- 119** « Secteur agroalimentaire – Rapport provisoire », 2017, ISDE : [https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISEDCTable_SA.pdf/\\$file/ISEDCTable_SA.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISEDCTable_SA.pdf/$file/ISEDCTable_SA.pdf)
- 120** Statistique Canada. Tableau 32-10-0446-01, Fermes déclarant des technologies utilisées dans l'exploitation dans l'année civile précédant le recensement : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210044601&request_locale=fr
- 121** « Mesure de l'intensité numérique dans l'économie canadienne », 24 février 2021, Statistique Canada : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/36-28-0001/2021002/article/00003-fra.htm>
- 122** Il est important de noter les limites de l'enquête de CTIC : les provinces ne sont pas représentées proportionnellement, ni les sous-industries. En effet, l'Alberta et la sous-industrie du bétail sont surreprésentées. Toutefois, en raison des [INSÉRER UN NOMBRE] réponses totales provenant de sous-industries comme les moutons, les œufs, les abeilles, les bleuets, les pommes et la fabrication, les données constituent une base solide pour les recherches futures. Voir l'annexe A pour plus de détails.
- 123** Voir l'annexe A pour une ventilation par sous-secteur.
- 124** Araújo, S., et autres, « Characterising the Agriculture 4.0 Landscape—Emerging Trends, Challenges and Opportunities », avril 2021, Agronomy : <https://doi.org/10.3390/agronomy11040667>

L'adoption des technologies par sous-secteur



Laquelle ou lesquelles des technologies suivantes votre entreprise ou organisation a-t-elle adoptées ou intégrées?



	Technologies agricoles	Cultures et céréales	Horticulture	Bétail	Fabrication
Outils de productivité numérique					
Outils logiciels de sécurité (p. ex. antivirus, logiciel anti-espion, antimaliciel, pare-feu)	43 %	79 %	43 %	51 %	69 %
Outils de collaboration (p. ex. Zoom, Microsoft Teams, Slack)	62 %	64 %	22 %	42 %	66 %
Solutions infonuagiques (p. ex. Microsoft 365, Google Cloud, Dropbox)	62 %	29 %	14 %	34 %	69 %
Logiciels ou bases de données (à des fins autres que le télétravail et les ventes en ligne)	67 %	21 %	12 %	18 %	38 %
Technologie numérique pour transférer les activités ou ventes en ligne (à des fins autres que le télétravail)	52 %	7 %	18 %	17 %	50 %
Gestion agricole					
Ordinateurs, ordinateurs portatifs, téléphones intelligents, tablettes pour la gestion de la ferme	43 %	100 %	71 %	67 %	6 %
Logiciel de gestion de la ferme sur tout appareil	52 %	57 %	24 %	43 %	9 %
Agriculture de précision					
Technologie GPS	29 %	57 %	53 %	53 %	13 %
Application d'intrants à taux variable (p. ex. semoirs et vaporisateurs à taux variable)	5 %	43 %	20 %	43 %	6 %
Satellite ou imagerie aérienne	14 %	43 %	20 %	25 %	0 %
SIG (p. ex. schématisation de la qualité des sols, schématisation des rendements, schématisation de l'IVDN)	10 %	36 %	14 %	32 %	3 %
Véhicules connectés et autonomes (p. ex. systèmes de direction automatique sur l'équipement agricole)	10 %	29 %	8 %	42 %	3 %
Drones	24 %	21 %	4 %	14 %	13 %
Automation					
Automatisation de certaines tâches (p. ex. robots trayeurs, équipement de serre robotisé, alimentation automatisée, algorithmes informatiques pour les contrôles environnementaux)	24 %	14 %	16 %	49 %	47 %
Énergie					
Production d'énergie renouvelable	5 %	0 %	6 %	16 %	0 %
Production de bioénergie (y compris biogaz, biocarburant, biométhane, biomasse)	5 %	0 %	0 %	10 %	0 %
Génétique					
Intrants agricoles génétiquement modifiés (p. ex. variétés de semences, etc.)	10 %	36 %	2 %	23 %	0 %
Technologies d'édition génomique (p. ex. pour créer de nouveaux produits)	5 %	0 %	0 %	10 %	0 %
Technologie connectée et intelligente					
Intelligence artificielle	52 %	0 %	0 %	23 %	0 %
IdO, capteurs	48 %	0 %	6 %	13 %	19 %
Autres	10 %	0 %	12 %	4 %	13 %

Figure 9 : Adoption des technologies par sous-secteur. Source : CTIC.

Bien que certaines tendances générales soient évidentes, l'enquête du CTIC révèle des différences marquées dans l'adoption des technologies entre les sous-secteurs¹²⁵. Les sous-secteurs des technologies agricoles et de la fabrication arrivent en tête quant à l'utilisation des nouvelles technologies en vue de transférer en ligne les opérations commerciales et les ventes, tandis que les trois sous-secteurs de l'agriculture primaire se classent aux premiers rangs pour ce qui est de l'adoption d'ordinateurs et d'ordinateurs portatifs dans la gestion agricole. En ce qui concerne l'adoption de l'agriculture de précision, les producteurs primaires sont encore une fois souvent les plus nombreux à adopter les technologies puisqu'ils sont plus susceptibles d'avoir besoin des technologies en question que, par exemple, les fabricants. Toutefois, le secteur manufacturier enregistre un taux d'adoption élevé au chapitre de l'automatisation. Par exemple, les personnes interrogées dans le secteur manufacturier ont fait remarquer qu'une importante pénurie de soudeurs a entraîné l'adoption généralisée de soudeuses robotisées. Les producteurs de céréales et de semences adoptent en grands nombres les technologies liées aux intrants agricoles génétiquement modifiés puisque certaines cultures génétiquement modifiées sont dominantes dans le secteur canadien des cultures. En fait, le soja et le maïs génétiquement modifiés représentent respectivement 90 % et 78 % des cultures semées au Canada¹²⁶.



Comme l'adoption des technologies dépend de nombre facteurs, dont le secteur, l'envergure, les préférences des consommateurs, la technologie, la topographie et l'emplacement de l'organisation dans la chaîne d'approvisionnement, il est logique que les taux d'adoption varient. Un récent rapport de Statistique Canada soutient également qu'il existe une « grande hétérogénéité » dans l'intensité numérique entre les sous-secteurs agricoles¹²⁷. Le rapport Agriculteur 4.0 de la RBC présente ces variations dans l'adoption des technologies en fonction du degré d'automatisation, classant les industries dans trois catégories : « à la limite », « en transition » et « bien implantée » (voir la **figure 10** pour plus de détails). En effet, les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont clairement indiqué qu'« il a été beaucoup plus facile d'adopter des technologies dans certains sous-secteurs, alors que l'adoption a été plus lente dans d'autres sous-secteurs, l'adoption variant également selon le type de technologie ».

- 125 Bien que les différences entre les sous-secteurs ne puissent pas être considérées comme représentatives ou importantes sur le plan statistique, la plupart des conclusions de l'enquête appuient la recherche existante.
- 126 « Genetically modified (GM) crops in Canada », 2020, Statista : <https://www.statista.com/study/36844/genetically-modified-gm-crops-in-canada-statista-dossier/>
- 127 « Mesure de l'intensité numérique dans l'économie canadienne », 24 février 2021, Statistique Canada : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/36-28-0001/2021002/article/00003-fra.htm>

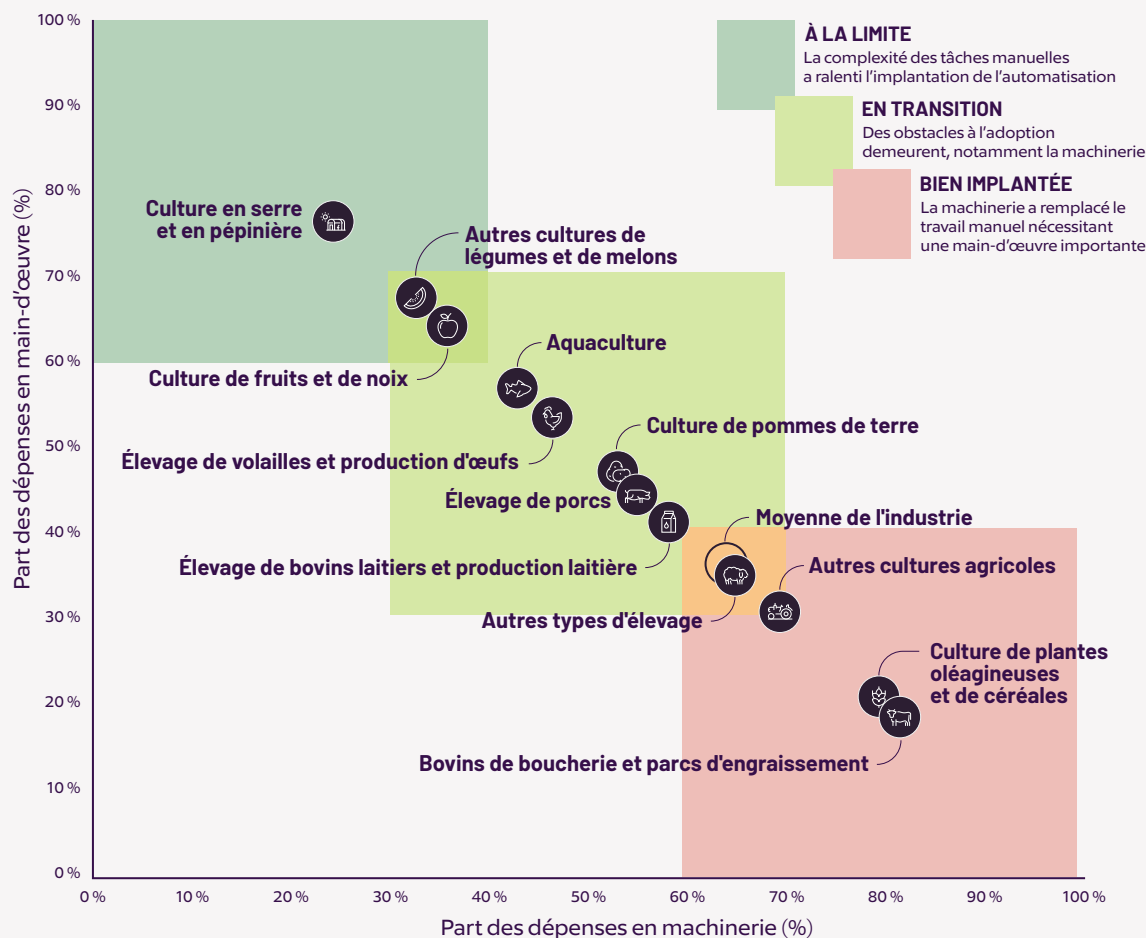


Figure 10 : L'automatisation dans le secteur agroalimentaire diffère selon le sous-secteur.
Source : Leadership avisé RBC¹²⁸.

Malgré les variations entre les industries, les personnes interrogées ont maintenu que, dans l'ensemble, le secteur agricole est lent à adopter les technologies, mais la plupart restent optimistes quant à l'avenir. Conformément aux données de Statistique Canada, les personnes interrogées ont indiqué que « l'agriculture accuse un retard de 10 à 15 ans par rapport aux autres secteurs en matière d'innovation et d'adoption de la technologie ». Un autre expert a fait la même mise en garde : « bien que le taux d'adoption des technologies agricoles augmente au Canada, le rythme n'est peut-être pas suffisant pour répondre aux besoins actuels ». La majorité des personnes interrogées ont toutefois mis l'accent sur la hausse des taux d'adoption au cours des 5 dernières années et prédit une croissance rapide à l'avenir. Un universitaire a prédit que « nous allons assister à une accélération du rythme d'adoption des technologies » au cours des 10 prochaines années. Un autre agriculteur et entrepreneur a convenu que « le cycle d'adoption des technologies agricoles est plus rapide. Auparavant, il fallait 10 ans pour adopter une nouvelle technologie, et aujourd'hui, 2 ans représentent toute une vie pour certaines de ces technologies. Tout s'accélère à un rythme incroyable. »

129 « Agriculteur 4.0 : Comment les prochains développements de connaissances peuvent transformer l'agriculture », août 2019, Leadership avisé RBC : http://www.rbc.com/economie/economic-reports/pdf/other-reports/Farmer4_aug2019_fr.pdf

Le récent pic d'adoption en agriculture pourrait être en partie une réaction aux problèmes de distribution et de main-d'œuvre créés par la COVID-19. Selon un rapport du Conseil canadien pour les ressources humaines en agriculture publié en 2021, la pandémie a entraîné une hausse des taux d'adoption des technologies : la COVID-19 a accéléré l'adoption des technologies, et la publicité, la formation et les entrevues en ligne en particulier sont de plus en plus courantes¹³⁰. Un article de Financement agricole Canada fait également état d'une hausse de l'adoption des technologies telles que les logiciels de gestion des données et les plateformes de distribution en ligne¹³¹. Dans une entrevue accordée à *l'Alberta Farmer Express*, un spécialiste en chef de la fertilité chez CropPro Consulting, résume l'impact de la pandémie.



La pandémie a obligé beaucoup de nos clients à utiliser la technologie un peu plus qu'ils ne l'auraient fait auparavant. À long terme, je pense que c'est une bonne chose. Une fois qu'ils seront habitués à l'utiliser, je crois qu'ils auront du mal à revenir en arrière¹³². [traduction]

L'enquête du CTIC montre aussi des taux d'adoption élevés pour des outils de collaboration comme Zoom^{MC}, Teams^{MC} et Slack^{MC}. Ce niveau élevé d'adoption correspond probablement au passage au télétravail rendu nécessaire par la pandémie de COVID-19. Interrogé sur les impacts durables de la pandémie, un informateur clé estimait que « la COVID-19 accélérera encore davantage l'adoption des technologies si le marché suit le modèle que nous observons partout ailleurs, c'est-à-dire l'évolution rapide des tendances décennales en quelques semaines ou mois seulement ».

Il est essentiel que le secteur agroalimentaire canadien continue d'adopter de nouvelles technologies. Les sous-secteurs agricoles qui ne les adoptent pas perdront rapidement leur avantage concurrentiel. Les pénuries de main-d'œuvre et la hausse du nombre de phénomènes météorologiques extrêmes rendent l'adoption rapide des technologies encore plus vitale.

130 Blair, J., « Pandemic speeding up adoption of technology », 26 août 2020, Alberta Farmer : <https://www.albertafarmexpress.ca/news/pandemic-speeding-up-adoption-of-technology/>

131 « Comprendre les effets de la COVID-19 sur la main-d'œuvre agricole canadienne », 2020, CCRHA : https://cahrc-ccrha.ca/sites/default/files/COVID_FR_Fin.pdf

132 Ibidem.



APERÇU

Horticulture

Le secteur horticole canadien est lent à adopter la technologie, et pourtant, il est l'un des sous-secteurs agricoles qui en ont le plus besoin¹³³. Un rapport de 2020 sur l'industrie des fruits de verger de la Colombie-Britannique montre que si 90 % des producteurs enregistrent des applications records de pesticides et de fongicides, seulement 16 % d'entre eux tiennent des registres numériques : les autres utilisent le papier et le crayon¹³⁴. Les appareils de télédétection ont également un faible taux d'adoption de 9,1 %¹³⁵. Comme le montre la figure 9, les résultats de l'enquête du CTIC confirment ces faibles taux d'adoption, tant dans l'ensemble que pour les technologies de la quatrième vague, notamment l'IdO, l'intelligence artificielle, les véhicules connectés et autonomes, et les drones. En moyenne, l'horticulture présente également le pourcentage le plus élevé de répondants à l'enquête ayant noté une difficulté « importante » ou « extrême » à trouver de la main-d'œuvre saisonnière. Pour expliquer le manque d'offre de main-d'œuvre, les répondants ont mentionné les difficultés de payer des salaires élevés et le manque d'intérêt pour la récolte. Une automatisation accrue pourrait réduire le coût élevé de la main d'œuvre, lequel peut représenter jusqu'à 40 % des coûts totaux de l'entreprise¹³⁶, et contrer l'instabilité de l'offre de main-d'œuvre. Comme l'a noté un informateur clé, « après deux années de lutte acharnée pour attirer des travailleurs étrangers temporaires, les secteurs qui emploient des cueilleurs et de la main-d'œuvre étrangère comme l'horticulture vont s'intéresser de très près à la robotique et à toute technologie qui pourrait leur faciliter la tâche ». À mesure que les températures augmentent, que l'offre de main-d'œuvre fluctue et que les événements climatiques extrêmes deviennent plus fréquents, l'adoption devient de plus en plus indispensable.

Dans le cadre de l'enquête du CTIC mené auprès de producteurs de bleuets sauvages de la Nouvelle Écosse, les conditions météorologiques extrêmes étaient la réponse la plus fréquemment mentionnée aux obstacles à la rentabilité et à la constance du rendement. Les nouvelles technologies pourraient contribuer à atténuer ces impacts. Par exemple, les pomiculteurs pourraient se tourner vers les technologies de lutte antiparasitaire intégrée pour réduire le risque de dommages aux cultures causés par les espèces envahissantes, notamment le carpocapse de la pomme. À cet égard, des entreprises canadiennes comme Semios offrent des technologies intelligentes de perturbation du comportement reproducteur et des pièges à caméra automatisés¹³⁷.

133 « The 2020-2021 Innovation Report », 2021, Vineland Research and Innovation Centre : <https://www.vinelandresearch.com/wp-content/uploads/2020/11/Innovation-Report-2020-21-Web.pdf>

134 Cartier, L., et Lembke, S., « The British Columbia Tree Fruit Industry: Preparing for Precision Agriculture and Climate Change », mai 2020, Okanagan College : <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.12018.53448>

135 Ibidem.

136 Rotz, S., et autres, « Automated pastures and the digital divide: How agricultural technologies are shaping labour and rural communities », mai 2019, Elsevier Journal of Rural Studies : <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.01.023>

137 « Lutte contre les insectes nuisibles », 2021, Semios : <https://semios.com/fr/solutions/insect-pest-management/>

L'automatisation et la robotique peuvent contribuer à atténuer les problèmes de main-d'œuvre, tant en matière de coût que de disponibilité, qui limitent la croissance du secteur horticole canadien¹³⁸. En effet, selon le rapport *The 2020-2021 Innovation Report* de Vineland, l'horticulture est « le secteur agricole le plus exigeant en main-d'œuvre et celui où les technologies d'automatisation pourraient faire la plus grande différence¹³⁹ ». Par exemple, la récolte représente environ 20 % de la main-d'œuvre humaine nécessaire à la production de concombres, ce qui, au Canada, « se traduit par des dépenses annuelles de quelque 27 millions de dollars pour la seule récolte des concombres¹⁴⁰ ». Le robot de récolte des concombres de serre en cours de développement à Vineland pourrait contribuer à réduire ce fardeau financier ainsi que la dépendance du secteur de l'horticulture à la main-d'œuvre humaine. Actuellement, le robot enregistre un taux de réussite d'un peu moins de 90 %, pour un temps de cueillette de moins de 14 secondes par concombre. Bien qu'impressionnant, le robot reste en deçà de la moyenne humaine qui est d'un concombre¹⁴¹ par seconde¹⁴². Vineland prévoit que cette technologie prometteuse parviendra aux agriculteurs au cours des 10 prochaines années.

Comme pour le robot de Vineland, de nombreuses technologies horticoles ne sont pas encore prêtes à être utilisées à des fins commerciales. Les informateurs clés ont relevé une tendance de lacunes technologiques.



Il n'y a pas beaucoup de technologies sur le marché horticole, surtout en ce qui concerne l'automatisation. La plupart des technologies disponibles n'en sont qu'à leurs balbutiements. Il n'existe donc pas de catalogue d'équipement que les producteurs peuvent consulter pour acheter ce dont ils ont besoin. Une grande partie de ces équipements n'a même pas encore été développée. [traduction]

– Cadre, entreprise d'horticulture



Prenons l'exemple d'une pêche : elle doit être cueillie dans un arbre, un arbre qui vivra dans le verger pendant 20 ans ou même plus, ce qui signifie que le fruit doit être cueilli sans endommager l'arbre. De plus, c'est un fruit très tendre. Il ne doit pas être abîmé et doit avoir une belle apparence sur les étagères de l'épicerie au bout du compte. La manipulation d'un tel produit est très différente de celle de beaucoup d'autres produits agricoles, ce qui signifie que c'est beaucoup plus compliqué lorsque nous essayons d'automatiser les processus. Les occasions d'appliquer des technologies telles que l'automatisation et les systèmes de vision dans ce secteur ne manquent pas puisqu'il repose essentiellement sur la main-d'œuvre humaine. [traduction]

– Cadre, entreprise d'horticulture

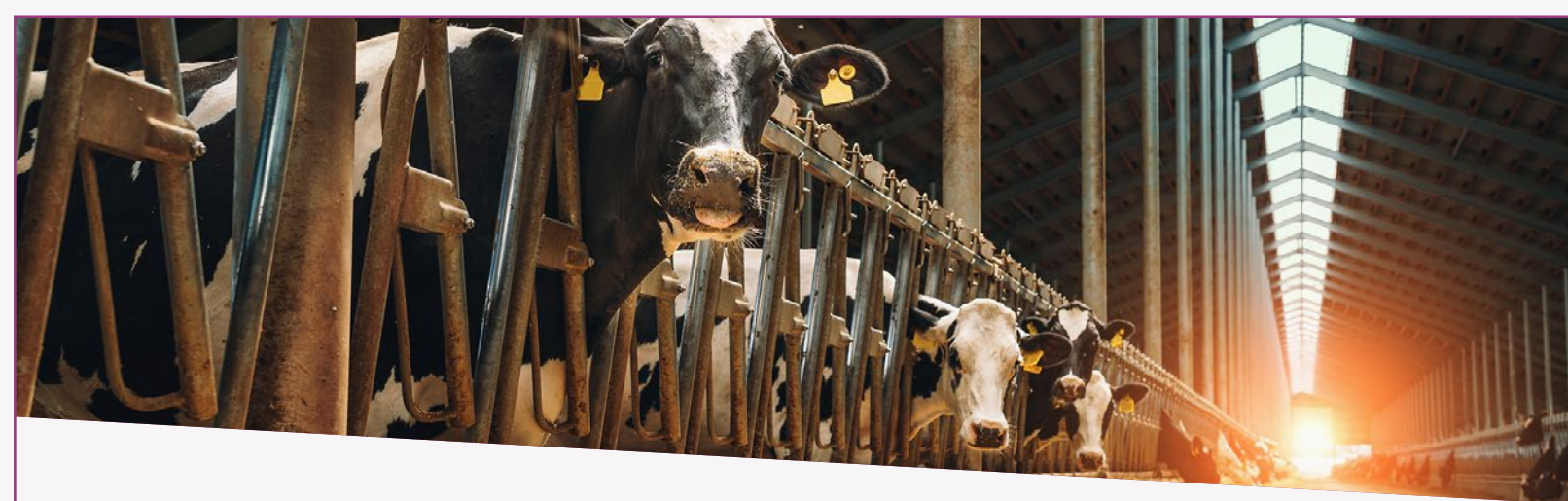
138 « The 2020-2021 Innovation Report », 2021, Vineland Research and Innovation Centre : <https://www.vinelandresearch.com/wp-content/uploads/2020/11/Innovation-Report-2020-21-Web.pdf>

139 Ibidem. [traduction]

140 « An automated workforce to harvest Canada's greenhouse cucumbers », novembre 2019, Produce Grower : <https://www.producegrower.com/article/production-an-automated-workforce-to-harvest-canadas-greenhouse-cucumbers/>

141 Guillen, S, « Vineland Converts Husky UGV into Cucumber Harvester to Boost Commercial Greenhouses », juillet 2021, Clear Path Robotics : <https://clearpathrobotics.com/blog/2021/07/vineland-research-and-innovation-centre-converts-husky-ugv-into-cucumber-harvester-to-boost-commercial-greenhouses/>

142 Ibidem.



APERÇU

Élevage

Le secteur canadien de l'élevage arrive en tête de l'adoption de la robotique. Les contrôles environnementaux automatisés pour le logement des animaux, la traite robotisée et la synchronisation de l'ovulation à l'aide de l'intelligence artificielle programmée sont quelques-unes des technologies clés qui améliorent l'efficacité des sous-secteurs de la volaille, des produits laitiers, du bœuf, des moutons, des œufs et d'autres sous-secteurs de l'élevage canadien. En fait, les sous-secteurs canadiens des produits laitiers, du bétail et des parcs d'engraissement affichent des taux élevés d'adoption de technologies comme les robots de traite des vaches et les pousseurs d'aliments par rapport à leurs homologues internationaux, dépassant même les États-Unis¹⁴³. Les données du recensement agricole de 2016 appuient cette image des produits laitiers et du bétail à l'avant-garde de l'adoption de l'innovation. En 2015, 53,3 % des producteurs de porc ont utilisé des contrôles automatisés pour l'alimentation des animaux et 43,3 % des producteurs d'œufs et de volaille ont utilisé des contrôles automatisés pour le logement des animaux. Les résultats préliminaires d'une enquête menée en 2021 sur l'automatisation et la robotique agricoles sont également prometteurs : 44 % des éleveurs interrogés ont adopté l'automatisation et la robotique (contre 36 % des producteurs de cultures)¹⁴⁴. De plus, un peu moins des trois quarts des producteurs laitiers interrogés ont adopté la robotique laitière¹⁴⁵. Les données de l'enquête du CTIC dressent un tableau similaire : les éleveurs de bétail sont ceux qui utilisent le plus l'automatisation. Près de la moitié des répondants à l'enquête avaient automatisé certaines tâches. En outre, plusieurs personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont précisé que le bétail était un sous-secteur de premier plan dans l'adoption de diverses technologies.



Si vous regardez certains des produits soumis à la gestion de l'offre, comme les produits laitiers, vous verrez un taux beaucoup plus élevé d'adoption de la traite robotisée. [traduction]

– Professeure, université canadienne

Par contre, une des personnes interrogées a indiqué que les producteurs de fromage et de vin du Québec choisissent souvent de ne pas adopter la technologie afin de pouvoir commercialiser leurs produits sous une appellation artisanale.

143 Jelinski, M., et autres, « Facteurs associés avec l'adoption des technologies par l'industrie laitière canadienne », octobre 2020, La Revue vétérinaire canadienne 61, no 10: 1065-72 : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7488376/>

144 Lemay, M., et autres, « Preliminary Findings of a Provincial Survey on the Adoption of Automation & Robotics Technologies in Ontario's Agriculture Sector », mai 2021, Université Brock : <https://brocku.ca/niagara-community-observatory/wp-content/uploads/sites/117/BROCK-NCO-Working-Paper-WEB-FINAL.pdf>

145 Ibidem.

Obstacles à l'adoption

Des technologies novatrices sont mises au point pour l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, mais de nombreux obstacles empêchent les producteurs et les fabricants de produits agroalimentaires de les adopter. Une étude récente menée par la Division des politiques sur l'innovation et la croissance d'Agriculture et Agroalimentaire Canada s'est penchée sur l'adoption des technologies d'agriculture de précision au Canada et a révélé que les trois principaux obstacles à l'adoption étaient le coût global élevé de l'investissement initial, la vitesse des services Internet et la couverture des données cellulaires, ainsi que le manque de formation ou de personnes compétentes¹⁴⁶. L'enquête du CTIC indique également que le coût de l'équipement, de la mise en œuvre, de l'entretien et de l'exploitation constitue le principal obstacle à l'adoption des technologies agroalimentaires dans l'ensemble des sous-industries (voir la **figure 11**). Comme pour l'adoption des technologies, les obstacles varient selon le sous-secteur. Par exemple, les résultats de l'enquête du CTIC montrent que la disponibilité de l'équipement a plus d'impact sur les secteurs des technologies agricoles et de la fabrication que sur les producteurs primaires. Les informateurs clés ont fait remarquer que cet écart est attribuable à des problèmes de chaîne d'approvisionnement, de production et de logistique, lesquels sont aggravés par la pandémie de COVID-19. Les principaux obstacles sont examinés ci-dessous.

Barriers to Tech Adoption, by Subsector



À quels obstacles votre organisation doit-elle faire face lorsqu'elle adopte de nouvelles technologies ou passe à l'automatisation?



	Technologies agricoles	Cultures et céréales	Horticulture	Bétail	Fabrication
Coût					
Coût de l'équipement et/ou de l'installation	71 %	75 %	59 %	65 %	74 %
Coût de l'entretien et/ou d'exploitation	43 %	58 %	20 %	39 %	41 %
Disponibilité					
Disponibilité de l'équipement	33 %	25 %	20 %	15 %	24 %
Infrastructure					
Absence de service Internet haute vitesse	24 %	67 %	39 %	38 %	26 %
Absence d'infrastructure énergétique	5 %	33 %	9 %	13 %	3 %
Main-d'œuvre					
Pénurie de main-d'œuvre qualifiée pour adopter et exploiter la technologie	24 %	17 %	38 %	21 %	53 %
Gestion					
Méconnaissance	29 %	17 %	9 %	23 %	18 %
Rendement du capital investi ambigu	38 %	25 %	23 %	30 %	38 %
Stratégies de mise en œuvre ambiguës	24 %	8 %	7 %	17 %	3 %
Réglementation					
Obstacles réglementaires	5 %	58 %	4 %	19 %	0 %
Interopérabilité faible	5 %	33 %	23 %	19 %	12 %
Autres					
Pas nécessaire	10 %	8 %	21 %	16 %	9 %
Aucun obstacle	10 %	0 %	13 %	1 %	15 %

Figure 11 : Obstacles à l'adoption des technologies par sous-secteur. **Source :** Données de l'enquête du CTIC, 2021.

146

« Hitting the Target: Benefits and Barriers to Precision Agriculture in Canada », juillet 2017, gouvernement du Canada : http://www.r2b2project.ca/wp-content/uploads/2018/05/AAFC-Summary-of-PA-Survey-Results-July_2017.pdf

Coût et financement

Les exploitations agricoles ayant plus de moyens financiers sont plus susceptibles d'adopter les technologies émergentes. L'adoption de nouvelles technologies entraîne des coûts importants. Il est donc difficile pour les entreprises de suivre les dernières innovations de l'industrie. L'achat d'équipement usagé est une option pour remplacer l'équipement désuet, mais les technologies émergentes et celles qui s'appliquent aux cultures spécialisées ne sont souvent pas disponibles sur le marché d'occasion¹⁴⁷. Comme nous l'avons mentionné précédemment, les répondants à l'enquête de tous les sous-secteurs ont indiqué que le coût était le principal obstacle à l'adoption des technologies. Une des personnes interrogées l'explique comme suit.



Lorsqu'il s'agit d'un nouveau client et qu'il n'a pas déjà acheté une technologie comme celle que nous offrons, elle n'est pas prévue dans son budget. Nous lui demandons d'ajouter un poste budgétaire, ce qui signifie pour lui un coût supplémentaire. C'est certainement l'un des principaux obstacles à l'exploitation agricole. [traduction]
 – PDG, entreprise d'agriculture de précision

Les coûts de l'équipement et des autres technologies varient selon la culture et la taille de l'exploitation, mais les répondants ont confirmé que la plupart des investissements initiaux en équipement sont élevés¹⁴⁸. Les petites et moyennes exploitations qui génèrent des bénéfices moindres sont moins susceptibles d'adopter de nouvelles technologies. Par exemple, les données d'Agriculture et Agroalimentaire Canada montrent que « les technologies agricoles de précision sont adaptées aux exploitations agricoles ayant une superficie de plus de 500 acres. C'est pourquoi le taux d'adoption de ces technologies diminue considérablement lorsque les exploitations ont une plus petite taille ou ont un revenu annuel inférieur à 75 000 \$¹⁴⁹ ». Un autre rapport du gouvernement de la Colombie-Britannique sur l'agriculture de précision souligne que les technologies à taux variable, le GPS et le système d'information géographique s'appliquent davantage aux exploitations céréalières et oléagineuses de grande superficie¹⁵⁰. Les personnes interrogées dans divers sous-secteurs s'entendent pour dire que l'envergure est importante.



Il existe des différences dans les taux d'adoption en fonction de l'envergure. Si vous exploitez une ferme de 100 acres en Ontario, il sera plus difficile d'investir dans les technologies GPS ou d'agriculture de précision automatisées, alors que si vous exploitez une ferme de 5 000 acres dans les Prairies, ce sera plus logique. [traduction]
 – Professeur, université canadienne



Je ne pense pas que nous soyons encore tout à fait prêts à passer au prochain niveau en matière de technologie et de numérisation, et c'est probablement dû à un certain nombre de facteurs. Mais je pense que c'est parce que nos entreprises sont généralement plus petites ici. [traduction]
 – Fonctionnaire, secteur des pêches et des océans

147 Krymowski, J., « The true financial cost of modern farming », 8 octobre 2019, AGDaily : <https://www.agdaily.com/insights/true-financial-cost-modern-farming/>

148 Krymowski, J., « The true financial cost of modern farming », 8 octobre 2019, AGDaily : <https://www.agdaily.com/insights/true-financial-cost-modern-farming/>

149 « Agriculture de précision à plus petite échelle », 17 décembre 2018, gouvernement du Canada : <https://www.ic.gc.ca/eic/site/101.nsf/fra/00040.html>

150 « Precision Agriculture Technologies for Nutrient Management in British Columbia », site consulté le 14 juillet 2021 : <https://delphi.ca/wp-content/uploads/2019/09/bc-precision-agriculture-technologies-for-nutrient-management-final-report.pdf>

Les robots agricoles constituent une exception notable à l'argument du pouvoir d'achat. Bien que certains petits producteurs aient adopté ces robots, ces machines ne sont pas encore largement adoptées au sein des exploitations commerciales¹⁵¹. Là encore, les recherches montrent que les coûts initiaux empêchent les producteurs à grande échelle d'adopter de nouveaux robots au lieu de payer des salaires relativement peu élevés^{152,153}.

Il est essentiel d'offrir un soutien financier aux exploitations de petite taille et à faible revenu pour accroître l'adoption des technologies. Comme l'a souligné un des répondants, « les petites entreprises ont besoin d'aide pour adopter les technologies, mais elles n'ont pas l'argent et les installations nécessaires pour cette nouvelle fonction, cette nouvelle habileté, cette nouvelle capacité ». Par conséquent, le Comité permanent de l'agriculture et de l'agroalimentaire¹⁵⁴ et la table sectorielle de stratégies économiques pour l'agroalimentaire¹⁵⁵ ont recommandé que le gouvernement encourage les entreprises agricoles et agroalimentaires canadiennes à acheter de l'équipement de haute technologie et, ce faisant, leur apporte son soutien. Par exemple, le Comité permanent de l'agriculture et de l'agroalimentaire a recommandé de modifier la législation fiscale afin de créer une déduction fiscale accélérée pour l'achat d'équipement agricole de haute technologie. En 2021, une déduction fiscale temporaire, mais plus complète pour certains équipements agricoles de haute technologie a été introduite dans le budget fédéral de 2021 pour aider les agriculteurs¹⁵⁶. Le programme de partage des coûts de l'Ontario est un autre exemple de programme visant à atténuer les obstacles liés aux coûts. Introduit en avril 2021, ce programme prévoit 22 millions de dollars pour aider les entreprises agricoles à adopter de nouvelles technologies¹⁵⁷.

Internet haute vitesse

L'accès à Internet est un obstacle bien connu à l'adoption de technologies dans les régions rurales du Canada. Bien que les données disponibles concernant l'accès à large bande dans les exploitations agricoles soient limitées, divers témoins de passage devant le Comité permanent de l'agriculture et de l'agroalimentaire ont fait remarquer que l'accès à Internet dans les zones rurales est un défi majeur pour les agriculteurs qui veulent adopter des technologies dépendantes d'Internet ou de l'infonuagique, comme les outils d'agriculture de précision et les technologies de l'IdO¹⁵⁸. La Fédération canadienne de l'agriculture signale également qu'une « proportion considérable » d'agriculteurs n'a pas accès à des services Internet à large bande, et ceux qui y ont accès utilisent souvent des connexions peu fiables et coûteuses¹⁵⁹. En fait, les consultations menées dans le cadre de la Stratégie de développement économique rural du Canada ont donné lieu à des témoignages inquiétants « d'exploitants agricoles tentant d'accéder aux marchés mondiaux au moyen de télécopieurs¹⁶⁰ ».

151 Pederson, S., et autres, « Robotic Seeding: Economic Perspectives », 16 novembre 2017, Springer Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives : https://doi.org/10.1007/978-3-319-68715-5_8

152 Relf-Eckstein, J., et autres, « Farming Reimagined: A case study of autonomous farm equipment and creating an innovation opportunity space for broadacre smart farming », décembre 2019, Elsevier NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences : <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100307>

153 Pederson, S., et autres, « Robotic Seeding: Economic Perspectives », 16 novembre 2017, Springer Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives : https://doi.org/10.1007/978-3-319-68715-5_8

154 « Progrès de la technologie et de la recherche dans le secteur agricole et agroalimentaire pouvant favoriser les exportations canadiennes », janvier 2019, Chambres des communes : <https://www.noscommunes.ca/DocumentViewer/fr/42-1/AGRI/rapport-15/page-69>

155 Secteur agroalimentaire », 2018, ISDE : [https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISED_SecteurAgroalimentaire.pdf/\\$file/ISED_SecteurAgroalimentaire.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISED_SecteurAgroalimentaire.pdf/$file/ISED_SecteurAgroalimentaire.pdf)

156 « Faits saillants du budget fédéral de 2021 pour le secteur agricole », 22 avril 2021, MNP : <https://www.mnp.ca/fr/points-de-vue/bibliotheque/faits-saillants-du-budget-federal-de-2021-pour-le-secteur-agricole/>

157 Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, « Ontario announces \$22M cost-share program to adopt technology in agricultural sector », 21 avril 2021, Greenhouse Canada : <https://www.greenhousecanada.com/ontario-launches-22m-cost-share-program-to-adopt-technology-in-agricultural-sector/>

158 « Progrès de la technologie et de la recherche dans le secteur agricole et agroalimentaire pouvant favoriser les exportations canadiennes », janvier 2019, Chambres des communes : <https://www.noscommunes.ca/DocumentViewer/fr/42-1/AGRI/rapport-15/page-69>

159 « Expansion et amélioration de l'accès Internet à large bande dans les régions rurales », 2021, FCA : <https://www.cfa-fca.ca/fr/enjeux/expansion-et-amelioration-de-lacces-internet-a-large-bande-dans-les-regions-rurales/>

160 « La haute vitesse pour tous : la stratégie canadienne pour la connectivité », 16 juillet 2019, ISDE : https://www.ic.gc.ca/eic/site/139.nsf/fra/h_00002.html

Plus d'un tiers des répondants à l'enquête du CTIC considèrent le manque de services Internet haute vitesse comme un obstacle à l'adoption. Les producteurs de céréales et de semences enregistrent le taux le plus élevé, les deux tiers des répondants choisissant le manque de services Internet haute vitesse comme obstacle. Les entreprises de technologies agricoles (24 %) et manufacturières (26 %) sont les moins touchées par cet obstacle puisque les entreprises de technologies agricoles sont souvent situées dans des centres urbains alors que les fabricants sont basés tant dans des zones rurales qu'urbaines. Les informateurs clés ont noté que la majorité des fabricants agricoles canadiens basés dans des zones rurales font face à des problèmes d'accès Internet haute vitesse. Les répondants à l'enquête dans le secteur de la fabrication se trouvaient toutefois principalement dans des zones urbaines. Dans plusieurs industries agricoles primaires, les informateurs clés ont indiqué que la connectivité constituait un obstacle.



L'accès Internet est l'un des plus grands défis. Dans les régions rurales de la Nouvelle-Écosse, des usines de transformation du poisson n'ont aucun accès Internet. [traduction]

– Fonctionnaire, secteur des pêches et des océans



La disponibilité d'une véritable large bande a un impact sur l'adoption régionale. De nombreuses technologies nécessitent d'avoir accès à une bonne connexion Internet pour pouvoir fonctionner efficacement. Certaines régions rurales du Canada disposent d'une large bande assez faible. Le déploiement d'une technologie qui dépend d'une connexion Internet haute vitesse devient donc difficile. [traduction]

– Fonctionnaire, secteur agroalimentaire

La pandémie a exacerbé ces problèmes de connectivité puisque des agriculteurs de partout au Canada ont eu du mal à maintenir des liens avec les détaillants, les fournisseurs et les consommateurs. Alors que certains producteurs adoptent de nouvelles solutions numériques, comme les appels Zoom avec des agronomes et les marchés agricoles numériques, d'autres prennent du retard en raison de connexions Internet instables et lentes¹⁶¹. De plus, les salons professionnels en personne, qui permettent souvent aux producteurs de découvrir de nouvelles technologies, se sont déplacés vers des plateformes en ligne, les rendant moins accessibles à leur public principal¹⁶².

Pour s'attaquer à ces problèmes, les parties prenantes ont fait valoir la nécessité d'élargir les programmes de dépenses pour l'infrastructure à large bande afin de cibler les exploitations agricoles qui en sont dépourvues. Le Comité permanent de l'agriculture et de l'agroalimentaire a également recommandé que le gouvernement fédéral, pour améliorer « l'accès à Internet large bande dans les communautés rurales¹⁶³ », mette de côté 2 milliards de dollars pour connecter les petits foyers et les petites entreprises à la large bande dans les communautés mal desservies dans le cadre du Plan de croissance triennal de la Banque de l'infrastructure du Canada¹⁶⁴.

¹⁶¹ Bakx, K., « Zoom calls and online shopping: Life on Canadian farms in 2020 », 9 octobre 2020, CBC News : <https://www.cbc.ca/news/business/ag-digital-tools-covid-1.5755738>; Rezanoff, M., « A Canadian Agriculture Broadband Strategy », octobre 2020, CAAR : <https://caar.org/the-communicator/october-2020/1292-a-canadian-agriculture-broadband-strategy>

¹⁶² Rezanoff, M., « A Canadian Agriculture Broadband Strategy », octobre 2020, CAAR : <https://caar.org/the-communicator/october-2020/1292-a-canadian-agriculture-broadband-strategy>

¹⁶³ « Progrès de la technologie et de la recherche dans le secteur agricole et agroalimentaire pouvant favoriser les exportations canadiennes », janvier 2019, Chambres des communes : <https://www.noscommunes.ca/DocumentViewer/fr/42-1/AGRI/rapport-15/page-69>

¹⁶⁴ « Le premier ministre annonce un plan d'infrastructure pour créer des emplois et faire croître l'économie », octobre 2020 : <https://cib-bic.ca/fr/la-banque-de-linfrastructure-du-canada-annonce-un-plan-de-croissance-pour-creer-des-emplois-et-faire-croitre-leconomie/>

En outre, dans son budget de 2021, le gouvernement fédéral a annoncé l'octroi de 1 milliard de dollars supplémentaires sur 6 ans pour le Fonds pour la large bande universelle afin d'accélérer l'expansion des projets à large bande dans les régions rurales du Canada¹⁶⁵. D'autres entreprises atténuent les problèmes de connectivité en développant des équipements agricoles de haute technologie qui peuvent fonctionner à des vitesses Internet plus faibles¹⁶⁶.

Rendement du capital investi

Pour que les producteurs adoptent la technologie, les entreprises de technologies agricoles ont besoin de données pour prouver la valeur de leur technologie. Au chapitre des technologies émergentes, il y a souvent peu de données sur la réduction des coûts des intrants ou l'augmentation des rendements, et donc une incertitude quant au rendement du capital investi¹⁶⁷. Dans une étude sur la technologie d'optimisation des décisions (DOT^{MC}), les chercheurs ont constaté qu'il était difficile de quantifier les avantages potentiels pour les producteurs individuels d'un robot sur le terrain doté de capacités d'autosurveillance, d'analyse et de déclaration puisque les données sur les exploitants agricoles ne sont communiquées que de façon agrégée par Statistique Canada¹⁶⁸. Les chercheurs ont noté que « l'information n'est pas liée à une pièce d'équipement, opération ou tâche, et les économies réelles de coûts pour les agriculteurs varieront en fonction de la taille de l'exploitation, du taux de rémunération et du type d'exploitation agricole¹⁶⁹ ». Pourtant, les difficultés à prévoir le rendement du capital investi persistent également pour certaines technologies d'agriculture de précision disponibles depuis le début des années 2000 (voir la section « Interopérabilité » pour en savoir plus sur le partage des données)¹⁷⁰. Même lorsque des données pertinentes sont disponibles, les producteurs se méfient souvent des chiffres¹⁷¹. Environ 30 % des répondants à l'enquête du CTIC dans l'ensemble des sous-industries ont indiqué que le rendement du capital investi constituait un obstacle. Les personnes interrogées et les membres du comité consultatif ont également souligné que le rendement du capital investi est un obstacle majeur à l'adoption de technologies dans l'ensemble des industries. Un des répondants a déclaré ce qui suit.



Les agriculteurs ne disposent pas de suffisamment d'informations pour faire une analyse coûts-avantages et décider si les nouvelles technologies en valent la peine. C'est en partie parce que les données n'existent pas encore pour certains produits, et en partie parce que les contextes de culture des agriculteurs sont différents et qu'il y a beaucoup de variables en jeu. Et c'est en partie parce que c'est trop compliqué de faire des prévisions. [traduction]

– Chercheur, université canadienne

- 165 « Fonds pour la large bande universelle », avril 2021, Innovation, Sciences et Développement économique Canada : https://www.ic.gc.ca/eic/site/139.nsf/eng/h_00006.html
- 166 « Progrès de la technologie et de la recherche dans le secteur agricole et agroalimentaire pouvant favoriser les exportations canadiennes », janvier 2019, Chambres des communes : <https://www.noscommunes.ca/DocumentViewer/fr/42-1/AGRI/rapport-15/page-69>
- 167 Relf-Eckstein, J., et autres, « Farming Reimagined: A case study of autonomous farm equipment and creating an innovation opportunity space for broadacre smart farming », décembre 2019, Elsevier NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences : <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100307>
- 168 Relf-Eckstein, J., « Creating an Innovation Opportunity Space for Broadacre Smart Farming: A Case Study of Autonomous Farm Equipment », mai 2020, Université de la Saskatchewan : <https://harvest.usask.ca/bitstream/handle/10388/12884/RELF-ECKSTEIN-THESIS-2020.pdf>
- 169 Relf-Eckstein, J., et autres, « Farming Reimagined: A case study of autonomous farm equipment and creating an innovation opportunity space for broadacre smart farming », décembre 2019, Elsevier NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences : <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100307>
- 170 Relf-Eckstein, J., et autres, « Farming Reimagined: A case study of autonomous farm equipment and creating an innovation opportunity space for broadacre smart farming », décembre 2019, Elsevier NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences : <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100307> [traduction]
- 171 Ibidem.
- 172 Une étude sur les obstacles à l'adoption de l'agriculture de précision en Ontario révèle que « les producteurs manquent de confiance dans les recommandations agronomiques formulées sur la base des données générées par les données propres au site ». [traduction] Voir : Mitchell, S., et autres, « Adoption barriers for precision agriculture technologies in Canadian crop production », 8 décembre 2020, Canadian Journal of Plant Science : <https://doi.org/10.1139/cjps-2020-0234>



J'aime toujours y penser dans la perspective suivante : si vous êtes agriculteur, vous avez 30 essais. Vous avez la chance de faire 30 récoltes dans votre carrière et c'est donc assez grave si l'une d'entre elles ne donne pas de bons résultats. Il doit y avoir une grande confiance entre l'exploitation agricole et l'entreprise avec laquelle elle travaille, surtout lorsque cette entreprise va apporter beaucoup de changements dans l'exploitation. Ces relations prennent du temps à établir et à construire, et le temps ne joue pas toujours en notre faveur. Le cycle de vente est d'un ou de deux ans à partir du moment où notre équipe de vente arrive sur place. [traduction]

– PDG, entreprise d'agriculture de précision

Les résultats préliminaires d'une enquête menée en 2021 sur l'automatisation et la robotique agricoles valident davantage ces conclusions : 34 % des producteurs qui n'ont pas adopté de technologies agricoles, et 45 % des producteurs qui l'ont fait, ont indiqué qu'un rendement du capital investi insuffisant représentait un obstacle majeur à l'adoption de la technologie¹⁷². En outre, les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont souligné que le manque de rendement du capital investi peut découler des incertitudes du marché ainsi que des incertitudes technologiques. Les préférences des consommateurs, lesquelles influencent le marché des technologies, peuvent changer rapidement, ce qui signifie que les technologies qui sont rentables une année peuvent potentiellement être problématiques l'année suivante. Comme l'a dit un informateur clé :



Parfois, le marché est lent à se développer ou ses besoins ne sont pas transparents. Par exemple, il pourrait être impossible de savoir si le marché veut réellement des produits de qualité supérieure comme les produits biologiques, ou encore des produits alimentaires respectueux de l'environnement, sans OGM, etc., et est prêt à payer pour les obtenir. [traduction]

– Chercheur, université canadienne

Puisque le rendement du capital investi dépend de l'efficacité de la technologie, en fonction du lieu, de l'envergure de l'exploitation et d'autres facteurs, des exemples locaux de mise en œuvre et d'impact peuvent encourager les producteurs à l'adopter. En fait, une enquête réalisée en 2021 révèle que 80 % des producteurs adoptant des technologies ont acheté des technologies « de série » et qu'environ 60 % des achats ont lieu dans un rayon de 100 kilomètres de leur ferme : ces tendances d'achat indiquent que les producteurs valorisent « une technologie éprouvée qui a été entièrement commercialisée et mise à l'échelle et qui est facilement disponible sur leur marché de détail local¹⁷³ ». Des initiatives comme la « ferme intelligente » du Olds College et les « laboratoires vivants » d'Agriculture et Agroalimentaire Canada aident à combler le fossé entre la recherche et la mise en œuvre en testant les technologies émergentes « dans le contexte et à l'échelle où elles seront adoptées : dans les exploitations agricoles locales, dans des conditions réelles de production agricole¹⁷⁴ ».

172 Lemay, M., et autres, « Preliminary Findings of a Provincial Survey on the Adoption of Automation & Robotics Technologies in Ontario's Agriculture Sector », mai 2021, Université Brock : <https://brocku.ca/niagara-community-observatory/wp-content/uploads/sites/117/BROCK-NCO-Working-Paper-WEB-FINAL.pdf>

173 Lemay, M., et autres, « Preliminary Findings of a Provincial Survey on the Adoption of Automation & Robotics Technologies in Ontario's Agriculture Sector », mai 2021, Université Brock : <https://brocku.ca/niagara-community-observatory/wp-content/uploads/sites/117/BROCK-NCO-Working-Paper-WEB-FINAL.pdf> [traduction]

174 « À propos des laboratoires vivants », 25 février 2021, gouvernement du Canada : <https://agriculture.canada.ca/fr/collaboration-scientifique-agriculture/initiative-laboratoires-vivants/propos-laboratoires-vivants>

En 2020, l'initiative de ferme intelligente du Olds College a aidé à valider un certain nombre de technologies pour les agriculteurs albertains, notamment la reconnaissance faciale du bétail pour la détection des boiteries et la rentabilité de la pulvérisation optique pour l'Ouest canadien¹⁷⁵. Les personnes interrogées ont soutenu ces résultats, notant que les tests locaux auraient un impact positif sur leurs prédispositions à adopter la technologie.



Bon nombre de ces technologies supposent qu'une ferme est constituée de champs carrés. Nous avons beaucoup de champs de forme étrange et je ne suis pas tout à fait sûr que la technologie fonctionnerait correctement. Le meilleur moyen de savoir si une technologie nous convient est de constater qu'elle fonctionne pour quelqu'un d'ici. [traduction]

– Copropriétaire, ferme canadienne

Pénuries de main-d'œuvre

Les producteurs ont besoin d'un accès facile et abordable à des travailleurs numériques qualifiés dans les domaines de la mise en œuvre, du soutien et de l'entretien pour accroître l'adoption de la technologie. Toutefois, la pénurie de main-d'œuvre abordée dans la **section II** signifie que les producteurs primaires se retrouvent souvent sans soutien technologique local. Les témoins qui ont comparu devant le Comité permanent de l'agriculture et de l'agroalimentaire ont souligné que le Canada est aux prises avec des pénuries de talents qui sont nécessaires pour concevoir et construire de l'équipement de haute technologie et en assurer la maintenance¹⁷⁶. De plus, la technologie que les producteurs adoptent pour remédier aux pénuries de main-d'œuvre manuelle peut, à son tour, créer de nouvelles pénuries de main-d'œuvre, gênant ainsi l'adoption de la technologie. Comme le souligne le directeur général de CHARC, l'automatisation peut contribuer à réduire le travail manuel, mais « il faut ensuite former la main-d'œuvre, il faut s'adapter à ces nouvelles techniques et technologies de production, et il faut des compétences différentes à l'avenir pour entretenir ces systèmes¹⁷⁷ ». Dans le cadre de l'enquête du CTIC, environ 30 % de l'ensemble des sous-industries ont choisi la pénurie de main-d'œuvre qualifiée comme obstacle à l'adoption de la technologie. Un peu plus de la moitié des répondants du sous-secteur de la fabrication agricole et 38 % des répondants du secteur de l'horticulture ont indiqué que le manque de main-d'œuvre constituait un obstacle. Un producteur primaire interrogé par le CTIC a fait écho à ces résultats.



Pour un grand projet comme la mise en œuvre d'un logiciel de gestion de données, vous aurez besoin de beaucoup d'aide pour la configuration et le soutien. Ce ne serait pas facile de faire venir quelqu'un à la ferme pour aider à la configuration et nous tenir par la main tout au long du processus. C'est un cas où le manque de main-d'œuvre a été un facteur nous empêchant d'adopter la nouvelle technologie. [traduction]

– Copropriétaire, ferme canadienne

175 « Smart Farm – 2021 Impact Report », 2021, Olds College : <https://www.oldscollege.ca/Assets/external/about-us/smart-farm/2021/Smart%20Farm%20Impact%20Report.pdf>

176 « Progrès de la technologie et de la recherche dans le secteur agricole et agroalimentaire pouvant favoriser les exportations canadiennes », janvier 2019, Chambres des communes : <https://www.noscommunes.ca/DocumentViewer/fr/42-1/AGRI/rapport-15/page-69>

177 Relf-Eckstein, J., et autres, « Farming Reimagined: A case study of autonomous farm equipment and creating an innovation opportunity space for broadacre smart farming », décembre 2019, Elsevier NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences : <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100307>

Le manque de chercheurs, de développeurs et de travailleurs du savoir peut aussi ralentir l'adoption chez les producteurs primaires. Un rapport de l'Institut agricole du Canada prévient que « les pénuries de main-d'œuvre qualifiée dans le secteur de l'agriculture primaire au cours des 10 dernières années ont un impact sur toutes les étapes du continuum de l'innovation, en particulier les activités de diffusion de la recherche qui favorisent l'adoption de l'innovation à l'échelle de la ferme¹⁷⁸ ». En l'absence de transfert des connaissances et de sensibilisation, les producteurs sont moins susceptibles de connaître et de comprendre les applications pertinentes des technologies émergentes, réduisant ainsi les taux d'adoption¹⁷⁹. Cet écart entre la recherche et les producteurs peut réduire l'utilité de la technologie qui en découle pour les agriculteurs, limitant encore davantage l'adoption (voir la section « Progrès technologiques » pour plus de détails)¹⁸⁰. Par conséquent, les experts recommandent d'inciter les jeunes Canadiens à acquérir des compétences variées en technologies agricoles et de mettre l'accent sur la diffusion de la recherche. Par exemple, un membre du comité consultatif a fait remarquer ce qui suit.



*La difficulté d'attirer les bons talents, c'est-à-dire faire venir des talents d'ailleurs, mais aussi de former notre main-d'œuvre canadienne, comporte de multiples facettes. Ce n'est pas seulement une chose. C'est multidisciplinaire. [traduction]
– PDG, entreprise d'agriculture de précision*

Deux experts de l'industrie ont également souligné l'importance de l'apprentissage multidisciplinaire dans un récent article d'Options politiques, recommandant aux futurs agriculteurs de maîtriser les disciplines des STIM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques), les affaires et les connaissances scientifiques¹⁸¹. En mai 2021, le gouvernement fédéral s'est engagé à développer cette main-d'œuvre en finançant 2 000 emplois pour les jeunes en agriculture par le biais du Programme d'emploi et de compétences des jeunes¹⁸². Des programmes éducatifs novateurs, comme le diplôme en technologies agricoles du Collège Lakeland, contribueront également à combler le déficit de l'offre¹⁸³. Comme l'indique la table sectorielle de stratégies économiques, « afin de pouvoir soutenir la concurrence par l'adoption plus importante de la technologie dans le secteur agroalimentaire, il sera nécessaire de trouver une main-d'œuvre possédant les compétences adéquates pour réussir le passage vers un avenir automatisé et numérique¹⁸⁴ ».

Interopérabilité

Les efforts d'adoption des nouvelles technologies s'accompagnent d'une myriade de défis techniques en lien avec l'interopérabilité¹⁸⁵ : contraintes des logiciels exclusifs, interfaces de programmation d'applications difficiles ou inexistantes, législation sur le droit de réparer les équipements personnels, et manque général d'intégration entre les marques.

- 178** « An Overview of the Canadian Agricultural Innovation System », 2017, Institut agricole du Canada : <https://www.aic.ca/wp-content/uploads/2021/04/AIC-An-Overview-of-the-Canadian-Agricultural-Innovation-System-2017.pdf> [traduction]
- 179** Ibidem.
- 180** Ibidem.
- 181** Fraser, E., et Newman, L., « Enabling the digital agricultural revolution », 2021, Options politiques : <https://policyoptions.irpp.org/magazines/april-2021/enabling-the-digital-agricultural-revolution/>
- 182** « La ministre Bibeau lance un programme visant à créer 2 000 emplois pour les jeunes dans le secteur agricole », 6 mai 2021, gouvernement du Canada : <https://www.canada.ca/fr/agriculture-agroalimentaire/nouvelles/2021/05/la-ministre-bibeau-lance-un-programme-visant-a-creer-2-000-emplois-pour-les-jeunes-dans-le-secteur-agricole.html>
- 183** « Lakeland College launches Canada's first degree in agriculture technology », 2021, Realagriculture : <https://www.realagriculture.com/2021/01/lakeland-college-launches-canadas-first-degree-in-agriculture-technology/>
- 184** « Secteur agroalimentaire – Rapport provisoire », 2017, ISDE : [https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISEDCTable_SA.pdf/\\$file/ISEDCTable_SA.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISEDCTable_SA.pdf/$file/ISEDCTable_SA.pdf)
- 185** L'interopérabilité est la capacité de partager ou d'échanger des données de manière interchangeable entre divers dispositifs ou systèmes sans interférence, de façon à produire des gains d'efficacité ou une meilleure connaissance dans un domaine particulier.

Alors que certains s'interrogent sur l'intérêt de créer des « sources d'information hétérogènes » pour aider à comprendre et à traiter les flux de données émergents et divers, les préoccupations en matière de sécurité ne cessent de croître¹⁸⁶. Aux États-Unis, les préoccupations en matière de sécurité incitent les réseaux à zones contrôlées et les systèmes d'unités binaires à normaliser les connexions physiques entre les appareils électroniques, limitant ainsi les possibilités de communication extérieure en cas de vulnérabilité¹⁸⁷. À l'échelle mondiale, l'Organisation internationale de normalisation a élaboré la norme ISOBUS 11787-1995, qui fournit une « syntaxe d'échange de données agricoles », et la norme ISO 11783 1:2017, un protocole mondial de communication en série et en réseau de données permettant la communication directe de données entre les tracteurs, les dispositifs et les logiciels de gestion agricole¹⁸⁸. Malgré tous les efforts déployés, l'efficacité de l'Organisation internationale de normalisation est assez limitée puisqu'elle demeure une norme industrielle volontaire et non obligatoire.

La popularité croissante des logiciels de source libre a également été considérée comme un moyen d'atténuer les problèmes d'interopérabilité. Par exemple, l'Agricultural Data Application Programming Toolkit (ADAPT) est conçu pour aider les agriculteurs à transférer des données de leur interface de programmation d'applications privilégiée vers différents systèmes de fabricants d'équipement d'origine¹⁸⁹. Alors que les initiatives de source ouverte gagnent en popularité à l'échelle internationale, le Canada doit relever des défis pour adopter des pratiques technologiques inclusives, comme une législation complète sur le « droit de réparer ». Souvent liée à l'équipement grand public, comme les téléphones intelligents, l'absence de politiques complètes sur le droit de réparer au Canada a eu des répercussions négatives sur l'industrie agricole, notamment en ce qui concerne les coûts d'exploitation¹⁹⁰. Les réparations sont considérées comme une occasion commerciale financièrement lucrative, ce qui encourage les fabricants à monopoliser leurs gammes de produits et à décourager activement la législation sur le droit de réparer. Des problèmes similaires existent dans l'Union européenne, où les mesures de « protection technologique des logiciels » empêchent les producteurs agricoles de réparer ou d'entretenir leurs produits numériques¹⁹¹, ce qui peut entraîner une hausse des coûts, une disponibilité limitée et des délais d'approvisionnement¹⁹².

- 186** Pang, L., et autres, « Data-source interoperability service for heterogeneous information integration in ubiquitous enterprises », 2015, *Advanced Engineering Informatics*: volume 29, no 3 : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474034615000531>
- 187** Fountas, S., et autres, « Farm machinery management information system », 2015, *Computers and Electronics in Agriculture*: Volume 110 : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169914002932>
- 188** Relf-Eckstein, J., et autres, « Farming Reimagined: A case study of autonomous farm equipment and creating an innovation opportunity space for broadacre smart farming », décembre 2019, *Elsevier NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* : <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100307>
- 189** Plusieurs multinationales au sein de l'Union européenne tirent parti de l'infrastructure de source ouverte d'ADAPT, notamment les fabricants d'équipement d'origine appartenant à CNH Industrial, une multinationale italienne dont le siège social est à Basildon, au
- 190** Royaume-Uni. De même, ADAPT est présent en Amérique du Nord, où il est exploité par des intérêts américains comme AGCO Corp., un fabricant de machines agricoles basé à Duluth, en Géorgie. Voir : Beers, G., et Hecker, E., « Seamless Interoperability Between Farm Machines and Software is a Step Closer », 2018, *Internet of Food* : <https://www.iof2020.eu/latest/press/2018/03/seamless-interoperability-between-farm-machines-and-software>
- 191** Rosborough, A., « Canada needs right-to-repair legislation », 2021, *Options politiques* : <https://policyoptions.irpp.org/magazines/may-2021/canada-needs-right-to-repair-legislation/>
- 192** Rosborough, A., « Unscrewing the Future: The Right to Repair and the Circumvention of Software TPM's in the EU », 2020, *VLEX – Journal of Intellectual Property, Information Technology and E-Commerce Law*: Volume 11 – 1 : <https://international.vlex.com/vid/unscrewing-the-future-the-847039058>
- 193** Ibidem.

Ces mesures ont également été soulevées par des témoins experts lors de l'examen parlementaire en 2018-2019 de la *Loi sur le droit d'auteur*, où des parties prenantes de la communauté technologique de l'IdO ont témoigné que ces mesures « sont trop restrictives et interdisent les activités légitimes non litigieuses¹⁹³ ». En juin, la commission parlementaire concernée a demandé au gouvernement d'envisager des mesures politiques qui permettraient de relever ces défis¹⁹⁴, et en juillet 2021, le gouvernement a lancé une consultation publique¹⁹⁵.

Progrès technologiques

Autre défi, plus simple, lié à l'adoption : les technologies ne sont pas toutes utiles aux agriculteurs. Certaines entreprises de technologies agroalimentaires tentent de résoudre des problèmes que les agriculteurs n'ont pas nécessairement, ou encore, elles résolvent les problèmes de la mauvaise façon, créant ainsi davantage de difficultés pour les agriculteurs. Par exemple, en parlant de son logiciel de source ouverte pour tracteurs autonomes, Brian Tischler note que, bien qu'incroyablement « novatrice et sympa », l'application n'a pas vraiment amélioré la productivité de la ferme, et ne lui a pas permis de se détendre puisqu'il doit tout de même assurer une surveillance¹⁹⁶. Il poursuit en disant que « c'est beaucoup plus difficile que nous le pensons d'appliquer la technologie à l'agriculture d'une manière qui aide vraiment les agriculteurs¹⁹⁷ ». Les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont également noté que les difficultés technologiques, notamment une mauvaise expérience utilisateur, peuvent nuire à l'adoption.



L'un des principaux défis concerne l'équipement. La facilité et la fonctionnalité du tout dernier iPad ne sont tout simplement pas au rendez-vous, et la plupart des moniteurs ne sont pas très conviviaux. Il en découle alors des obstacles à l'adoption, surtout pour les grandes exploitations agricoles dont les exploitants ne sont pas membres de la famille ou ne sont pas propriétaires de l'exploitation. L'agriculteur se préoccupe des temps d'arrêt, et le moniteur devient en quelque sorte un obstacle à l'adoption de la technologie puisque l'agriculteur risque de devoir s'occuper de la technologie au lieu d'être sur le terrain. [traduction]

– PDG, entreprise d'agriculture de précision



La technologie présente des défis, tout comme la transformation de la viande en raison des différentes tailles de viande, en particulier le bœuf. Nous l'avons constaté pendant la pandémie de COVID-19. Notre secteur exige beaucoup de main-d'œuvre parce que la technologie n'est pas adaptée aux carcasses de tailles différentes. [traduction]

– Professeur, université canadienne

193 « Consultation sur un cadre moderne du droit d'auteur pour l'intelligence artificielle et l'Internet des objets », 16 juillet 2021, gouvernement du Canada : <https://www.ic.gc.ca/eic/site/693.nsf/fra/00317.html>

194 « Examen prévu par la loi de la Loi sur le droit d'auteur : Rapport du Comité permanent de l'industrie, des sciences et de la technologie, 42e Législature », juin 2019, Chambre des communes : <https://www.noscommunes.ca/DocumentViewer/fr/42-1/INDU/rapport-16>

195 « Consultation sur un cadre moderne du droit d'auteur pour l'intelligence artificielle et l'Internet des objets », 16 juillet 2021, gouvernement du Canada : <https://www.ic.gc.ca/eic/site/693.nsf/fra/00317.html>

196 Powell, N., « Canada seen poised to lead world in food production if we can seize 'fourth agricultural revolution' », 28 août 2019, Financial Post : <https://financialpost.com/commodities/agriculture/fourth-agricultural-revolution-will-depend-on-technology-and-skills-rbc-study>

197 Ibidem.

Bien que certains répondants à l'enquête du CTIC aient exprimé leurs frustrations à l'égard de la technologie, en particulier dans le secteur de l'horticulture, la plupart des réponses étaient majoritairement positives. Par exemple, lorsque nous leur avons demandé comment les technologies nouvellement mises en œuvre ont influencé leurs activités, les répondants à l'enquête du CTIC provenant des secteurs des céréales et des semences du Canada ont indiqué des impacts positifs, révélant une forte corrélation entre l'efficacité accrue dans les champs et la réduction des émissions de GES. Des rendements de culture supérieurs et des économies de coûts accrues ont également été notés. Les recherches montrent que la satisfaction des producteurs à l'égard des technologies agricoles varie selon le type de technologie, mais qu'elle est généralement liée au rendement et à un taux de rendement clair du capital investi¹⁹⁸. En d'autres termes, si la technologie fonctionne bien et qu'elle fait ses preuves, les agriculteurs l'adopteront.

À l'avenir, il sera important d'intégrer davantage, et plus tôt, les commentaires des producteurs primaires dans le développement de la technologie par le biais d'initiatives telles que Living Farms, qui peuvent accroître l'utilité et l'expérience de l'utilisateur des nouvelles technologies (voir la section « Rendement du capital investi » pour plus de détails). De même, les personnes interrogées ont noté que « les premiers partenariats entre les entreprises et les producteurs progressistes, notamment une entreprise de tracteurs autonomes qui s'associe à des producteurs à l'avant-garde, ouvrent la voie à une adoption plus accessible ». Une participation accrue des agriculteurs plus tôt dans le processus peut contribuer à accroître l'adoption.

198

Lemay, M., et autres, « Preliminary Findings of a Provincial Survey on the Adoption of Automation & Robotics Technologies in Ontario's Agriculture Sector », mai 2021, Université Brock : <https://brocku.ca/niagara-community-observatory/wp-content/uploads/sites/117/BROCK-NCO-Working-Paper-WEB-FINAL.pdf>

Moteurs d'adoption

Crise climatique

Le secteur agricole canadien fait face à une panoplie d'enjeux découlant de l'aggravation de la crise climatique mondiale. Selon une étude réalisée en 2019 par Environnement et Changement climatique Canada, le Canada se réchauffe deux fois plus vite que le reste de la planète en moyenne¹⁹⁹, et les analystes prévoient une combinaison de températures plus élevées, d'hivers plus courts, de feux de forêt fréquents, de pluie verglaçante et de dégel du pergélisol²⁰⁰. Les régions nordiques du Canada se réchauffent plus rapidement que le reste du pays, ce qui a un impact sur le développement des ressources et les efforts de conservation²⁰¹. La nécessité d'innover constamment et d'adopter des technologies devient cruciale à mesure que les entreprises se concentrent sur la réduction des GES causés par les activités agricoles. De plus, l'industrie a commencé à se tourner vers la technologie pour aider à atténuer les impacts fluctuants des changements climatiques liés à la production et à la transformation des aliments.

Les premières recommandations de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (2011) ont cerné une série de points de référence pour adopter et mettre en œuvre des technologies novatrices afin de répondre aux préoccupations climatiques. Elles soulignaient en particulier la nécessité d'établir une politique nationale et internationale solide, susceptible d'inspirer confiance pour un important investissement privé²⁰². Des mesures flexibles ont été mises en œuvre pour éviter « d'arrimer » des technologies qui pourraient un jour devenir inefficaces. De même, l'équilibre des politiques « technologiquement neutres » qui contribuent à diversifier les outils axés sur la durabilité a été considéré comme important²⁰³. Un rapport de table ronde publié en 2018 par l'OCDE poursuit cette exploration. Ce rapport précise comment les innovations qui tirent parti de l'intelligence artificielle et des nanomatériaux promettent des solutions à faibles émissions pour l'avenir, en supposant que les investissements soient prioritaires²⁰⁴. Le rapport indique que les projections concernant l'adoption de la technologie à l'échelle mondiale pour lutter contre le changement climatique sont optimistes, plus de 4 milliards de dollars (américains) ayant été alloués depuis 2015 à des initiatives d'innovation en matière d'énergie propre²⁰⁵, dont plus de 40 partenariats de recherche internationaux désormais dédiés à l'innovation climatique.

- 199 « Rapport sur le climat changeant du Canada », 2019, Environnement et Changement climatique Canada : https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/Climate-change/pdf/RCCC_FULLREPORT-FR-FINAL.pdf
- 200 Schnitter R., et Berry, P., « The Climate Change, Food Security and Human Health Nexus in Canada: A Framework to Protect Population Health », juillet 2019, International Journal of Environmental Research and Public Health 16, no. 14 : <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/14/2531>; « Changement climatique et terre », 7 août 2019, GIEC : http://sentiers.eu/IMG/pdf/cc_terres-resume-20190808-giec-4op.pdf
- 201 Bush, L., Lemmen, D., « Rapport sur le climat changeant du Canada », gouvernement du Canada, 2019 : https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/Climate-change/pdf/RCCC_FULLREPORT-FR-FINAL.pdf
- 202 « Promoting Technological Innovation to Address Climate Change », 2011, OCDE : <https://www.oecd.org/env/cc/49076220.pdf>
- 203 Ibidem.
- 204 Cervantes, M., et autres, « Accelerating the development and diffusion of low-emissions innovations », 2018, OCDE : Table ronde sur le développement durable : <https://www.oecd.org/sd-roundtable/papersandpublications/Accelerating%20the%20development%20and%20diffusion%20of%20low-emissions%20innovations.pdf>
- 205 Ibidem.

Une étude menée en 2019 sur le changement climatique, la sécurité alimentaire et la santé humaine au Canada divise les impacts du changement climatique en quatre catégories pertinentes.

1 Production alimentaire : À mesure que le changement climatique s'accroît, une prolongation de la saison de croissance viable du Canada pourrait avoir un impact positif sur les producteurs d'aliments canadiens. De même, une saison d'alimentation extérieure plus longue du bétail pourrait augmenter les taux de survie des jeunes animaux²⁰⁶. Toutefois, les risques pour la production alimentaire sont plus importants que les avantages. Une hausse des perturbations climatiques affectant les processus de production alimentaire du Canada entraînera une augmentation des sécheresses en Colombie-Britannique et dans les Prairies, ainsi qu'une multiplication des espèces envahissantes et des risques de maladies²⁰⁷.

2 Transformation des aliments : Les résultats prévus des impacts du changement climatique sur la transformation des aliments du Canada comprennent l'instabilité de l'approvisionnement en ressources viables, la perturbation des intrants des activités de transformation, et des dommages aux installations de transformation²⁰⁸.

3 Distribution des aliments : Les changements climatiques entraînent une hausse des interruptions des transports. Par exemple, les communautés nordiques du Manitoba « subissent des pénuries de produits alimentaires sains en raison du réchauffement climatique, entraînant la détérioration des routes de glace²⁰⁹ ». Les communautés rurales et éloignées qui ont des difficultés à produire et à stocker des aliments sont particulièrement vulnérables à l'insécurité alimentaire liée au climat. Le gouvernement du Canada signale que les infrastructures de transport et les systèmes de transport public dans les zones urbaines sont également particulièrement vulnérables²¹⁰.

4 Préparation et consommation des aliments : Le changement climatique peut affecter « la composition et la diversité du régime alimentaire²¹¹ ». Dans le cadre d'une enquête (2019) sur l'alimentation, la nutrition et l'environnement des Premières Nations, des adultes membres des communautés des Premières Nations, des Inuits et des Métis ont noté que le changement climatique a un impact sur l'accès et l'approvisionnement en aliments traditionnels²¹². Des études récentes ont également signalé des changements liés au climat dans l'approvisionnement et la distribution de caribou dans l'ensemble du Canada^{213,214}.

- 206** « Agriculture », 2021, Prairie Climate Centre : <https://atlasclimatique.ca/agriculture>; « Scénarios climatiques pour l'agriculture », 25 mai 2012, gouvernement du Canada : <https://agriculture.canada.ca/fr/agriculture-environnement/changements-climatiques-qualite-lair/scenarios-climatiques-lagriculture>
- 207** Warren, F., et Lemmen, D., « Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation », 2014, gouvernement du Canada : https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf
- 208** Schnitter R., et Berry, P., « The Climate Change, Food Security and Human Health Nexus in Canada: A Framework to Protect Population Health », juillet 2019, International Journal of Environmental Research and Public Health 16, no. 14 : <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/14/2531>
- 209** Ibidem.
- 210** Palko, K., et autres, « Risques climatiques et pratiques en matière d'adaptation pour le secteur canadien des transports 2016 », 2017, Transports Canada : <https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2016/ClimatRisk-F-ACCESSIBLE.pdf>
- 211** Schnitter R., et Berry, P., « The Climate Change, Food Security and Human Health Nexus in Canada: A Framework to Protect Population Health », juillet 2019, International Journal of Environmental Research and Public Health 16, no. 14 : <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/14/2531>
- 212** Chan, L., et autres, « FNFNES – Final Report for Eight Assembly of First Nations Regions », novembre 2019, Assemblée des Premières Nations, Université d'Ottawa, Université de Montréal : https://www.fnfnes.ca/docs/FNFNES_draft_technical_report_Nov_2_2019.pdf
- 213** « Climate change driving indigenous food insecurity in canada: report », October 21, 2020, The Narwhal : <https://thenarwhal.ca/climate-change-indigenous-food-insecurity-report/>
- 214** Warren, F., et Lemmen, D., « Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation », 2014, gouvernement du Canada : https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf

Un rapport de 2020 du gouvernement de la Colombie-Britannique indique également que le changement climatique présente un risque important pour la sécurité des chaînes d'approvisionnement en fruits et légumes. La Colombie-Britannique importe actuellement des aliments pour une valeur estimée à 7,3 milliards de dollars à l'échelle internationale, dont environ 2 milliards de dollars provenant uniquement de la Californie, qui connaît ses propres problèmes climatiques, comme des sécheresses et des feux de forêt²¹⁵. Bien que peu de recherches soient présentement disponibles, une chose est claire : « le schéma des flux commerciaux internationaux de produits agricoles pourrait être extrêmement différent en raison des impacts du changement climatique²¹⁶ ».

Du point de vue de l'adoption des technologies, le gouvernement fédéral a récemment annoncé un investissement de 165,7 millions de dollars dans le cadre de son Programme des technologies propres en agriculture. Ce programme a pour but de fournir aux entreprises agricoles et aux agriculteurs une aide financière pour alléger le fardeau financier de l'adoption de technologies propres tout en réduisant leurs émissions de GES²¹⁷. Le financement vise à faire évoluer les entreprises vers une empreinte carbone plus faible, en se concentrant sur des domaines prioritaires comme l'énergie verte, l'efficacité énergétique, l'agriculture de précision et la bioéconomie²¹⁸. Tout en fonctionnant dans deux volets, le volet « adoption » cherche à soutenir l'adoption de nouvelles technologies en réduisant les émissions de GES. Le volet « recherche et innovation » vise à soutenir l'investissement dans la recherche, l'innovation préalable à la mise en marché, ainsi que la démonstration et la commercialisation de technologies propres²¹⁹.

Croissance démographique mondiale

Selon une projection à moyenne variante tirée du rapport des Nations Unies sur les Perspectives de la population mondiale publiée en 2019, la population mondiale atteindra 9,7 milliards d'habitants d'ici 2050²²⁰. La croissance démographique variera considérablement d'une région à l'autre, ce qui entraînera des problèmes de sécurité alimentaire qu'il faudra résoudre et la nécessité d'adopter des technologies pour aider à offrir des chaînes d'approvisionnement plus sûres. Par exemple, l'Afrique subsaharienne devrait représenter plus de la moitié de cette croissance et fait déjà face à des enjeux qui menacent la santé humaine, tels que la sécurité des aliments et de l'eau ainsi que les changements climatiques²²¹. Par rapport à la base de référence de 2000-2002, la sous-nutrition mondiale devrait augmenter dans le monde entier, comme le montre la **figure 12**.

- 215** « The Future of B.C.'s Food System », 2020, gouvernement de la Colombie-Britannique : <https://engage.gov.bc.ca/app/uploads/sites/121/2020/01/FSTF-Report-2020-The-Future-of-Food.pdf>; Kim, S., « Les scientifiques du Canada concluent que les changements climatiques d'origine anthropique ont eu d'importantes répercussions sur les feux de forêt en Colombie-Britannique », 2019, gouvernement du Canada : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2019/01/les-scientifiques-du-canada-concluent-que-les-changements-climatiques-dorigine-anthropique-ont-eu-dimportantes-repercussions-sur-les-feux-de-foret.html>
- 216** Gouel, C., et Laborde, D., « The Crucial Role of International Trade in Adaptation to Climate Change », novembre 2018, National Bureau of Economic Research : <https://doi.org/10.3386/w25221>
- 217** Anderson, O., « Aider les agriculteurs et les entreprises agricoles à adopter des technologies propres pour réduire les émissions et améliorer leur compétitivité », 2021, gouvernement du Canada : <https://www.canada.ca/fr/agriculture-agroalimentaire/nouvelles/2021/06/aider-les-agriculteurs-et-les-entreprises-agricoles-a-adopter-des-technologies-propres-pour-reduire-leurs-emissions-et-ameliorer-leur-competitivite.html>
- 218** Ibidem.
- 219** Ibidem.
- 220** Bien que les prévisions antérieures aient surestimé la croissance démographique, on estime fortement (95 %) que la population mondiale se situera entre 9,4 et 10,1 milliards d'habitants à la date prévue. Voir : « 2019 Revision of World Population Prospects », 2019, Organisation des Nations Unies : <https://population.un.org/wpp/>
- 221** « Climate Change Is an Increasing Threat to Africa », 27 octobre 2020, Nations Unies Info – Changement climatique : <https://unfccc.int/news/climate-change-is-an-increasing-threat-to-africa>

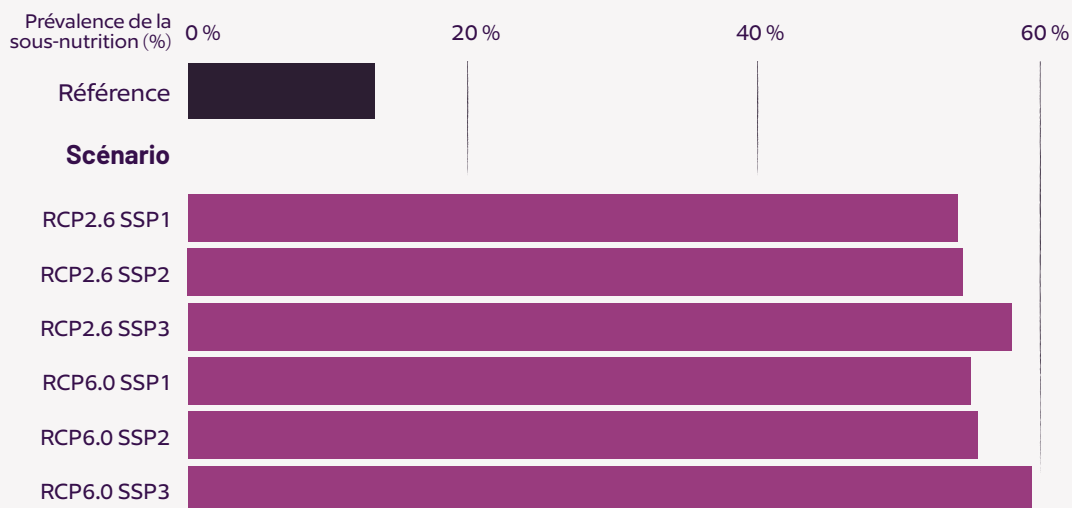


Figure 12 : Prévalence moyenne mondiale de sous-nutrition dans les futurs scénarios comparée à la base de référence 2000-2002.²²²
Source: United Nations.

Dans certains scénarios, la population devrait croître moins vite que dans plusieurs pays à revenu élevé. Au Canada, grâce en grande partie aux efforts en matière d'immigration, Statistique Canada prévoit une augmentation de la population, passant de 37,1 millions de personnes en 2018 à quelque 70 millions en 2068 (scénario de croissance élevée)²²³. Comme nous l'avons vu dans la section précédente, le changement climatique pourrait permettre un meilleur rendement des cultures au Canada. Cependant, une étude révèle que **l'Europe, l'Australasie, les États-Unis et le Canada connaissent tous une diminution de l'insécurité alimentaire dans certains scénarios** : en bref, « les pays pour lesquels une diminution de la croissance démographique est prévue profitent d'une sécurité alimentaire accrue, tandis que ceux pour lesquels une croissance démographique rapide est prévue ont tendance à subir les pires impacts sur la sécurité alimentaire²²⁴ ». Fait intéressant, les témoins qui ont comparu devant le Comité permanent de l'agriculture et de l'agroalimentaire du Canada lors de son étude sur le secteur agroalimentaire ont souligné que **la croissance démographique mondiale est synonyme « d'opportunités pour le Canada qui produit bien plus de produits agricoles et agroalimentaires qu'il n'en consomme²²⁵ »**.

Les problèmes découlant de la croissance démographique mondiale ne sont pas isolés et sont reconnus comme étant l'un des nombreux facteurs contribuant à l'adoption de technologies. Comme le fait remarquer Kathleen Mogelgaard, consultante en dynamique démographique et changement climatique pour l'Université du Maryland :



La croissance démographique est une question très complexe à multiples facettes. Les questions de population constituent certainement une dimension importante de l'évolution de la société, de sa capacité de faire face à la crise climatique, mais ce n'est pas une solution miracle, et ce n'est certainement pas la cause principale du changement climatique. Il s'agit toutefois d'une pièce importante du casse-tête²²⁶. [traduction]

²²² Molotoks, A., et autres, « Impacts of land use, population, and climate change on global food security », 5 novembre 2020, Food and Energy Security, volume 10, no 1 e261 : <https://doi.org/10.1002/fes3.261>

²²³ « Populations démographiques pour le Canada (2018 à 2068), les provinces et les territoires (2018 à 2043) », 17 septembre 2019, gouvernement du Canada, Statistique Canada : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/91-520-x/91-520-x2019001-fra.htm>

²²⁴ Molotoks, A., et autres, « Impacts of land use, population, and climate change on global food security », 5 novembre 2020, Food and Energy Security, volume 10, no 1 e261 : <https://doi.org/10.1002/fes3.261>

²²⁵ « Progrès de la technologie et de la recherche dans le secteur agricole et agroalimentaire pouvant favoriser les exportations canadiennes », janvier 2019, Chambres des communes : <https://www.noscommunes.ca/DocumentViewer/fr/42-1/AGRI/rapport-15/page-69>

²²⁶ N. Mortillaro, « Is population control the answer to fixing climate change? », 2019, CBC News: Science : <https://www.cbc.ca/news/science/population-climate-change-1.5331133>

Pour répondre aux préoccupations croissantes, l'adoption de technologies et de pratiques novatrices peut aider les systèmes de production alimentaire à faible impact à l'échelle. Les technologies et les pratiques liées à la matière organique du sol et au contrôle de l'érosion, à l'amélioration de l'entretien des terres cultivées et du bétail, ainsi qu'aux améliorations génétiques pour la tolérance à la chaleur et à la sécheresse peuvent favoriser une augmentation spectaculaire à l'échelle mondiale²²⁷. Ces changements s'accompagnent d'une série de modifications sociales fortement recommandées puisque des adaptations au chapitre de la demande sont également nécessaires. Comme nous l'avons vu dans la **section I**, des comportements tels que l'adoption de régimes alimentaires durables et la réduction des pertes et des gaspillages de nourriture contribuent à diminuer la superficie nécessaire pour répondre aux besoins actuels, réduisant au bout du compte les risques de vulnérabilité du système alimentaire²²⁸.

Insécurité alimentaire

Dans des régions comme le nord du Canada, les problèmes croissants de sécurité alimentaire sont une préoccupation quotidienne. En grande partie en raison des conditions climatiques et d'une forte dépendance à l'égard des infrastructures routières saisonnières et de l'accessibilité générale, l'insécurité alimentaire touche près de 70 % de la population du Nunavut²²⁹. De même, dans le nord du Manitoba, plus de 60 % des ménages autochtones vivant dans les réserves font face à des problèmes croissants de sécurité alimentaire²³⁰. La sécurité alimentaire, qui englobe des considérations relatives à la santé et au bien-être, est devenue un « problème de santé publique sans précédent²³¹ ». La technologie, comme l'agriculture en environnement contrôlé, a permis à certaines communautés du Nord de produire des aliments dans des climats froids tout en aidant à régler les chaînes d'approvisionnement alimentaire, mais des préoccupations subsistent²³². Des questions telles que les coûts de démarrage, les projections de bénéfices, les impacts environnementaux, la possibilité de faire des essais et la réversibilité ont été soulignées, ainsi que la vulnérabilité relative à l'utilisation de technologies complexes²³³.

Dans d'autres régions, comme la Colombie-Britannique, les questions de sécurité alimentaire ont incité le gouvernement à prendre des mesures, offrant une aide financière aux entreprises qui cherchent à adopter des technologies émergentes. Les gouvernements fédéral et provinciaux ont commencé à financer l'adoption de technologies de traçabilité, permettant de suivre le mouvement des aliments, de la production à la distribution, en passant par la transformation²³⁴. Les données acquises permettent de mieux surveiller les distances que les aliments doivent parcourir, pour en connaître les émissions de GES, tout en contribuant à la réduction des maladies d'origine alimentaire.

- 227 « Climate Change and Land: an IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems », 2019, IPCC : <https://www.ipcc.ch/srcccl/chapter/chapter-5/>.
- 228 Ibidem.
- 229 « Alimentation dans le Nord », 2019, Réseau pour une alimentation durable : <https://foodsecurecanada.org/fr/ressources-et-nouvelles/nouvelles-et-medias/nous-voulons-une-alimentation-abordable-dans-le-nord>.
- 230 Ibidem.
- 231 Ibidem.
- 232 Natcher, D., et autres, « Assessing the Constraints to the Adoption of Containerized Agriculture in Northern Canada », mai 2021, *Frontiers in Sustainable Food System: Volume 5* : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.643366/full>.
- 233 Ibidem.
- 234 Comeau, J., « De nouvelles technologies permettant de renforcer la sécurité alimentaire et la salubrité des aliments », 2021, gouvernement du Canada : <https://www.canada.ca/fr/agriculture-agroalimentaire/nouvelles/2021/02/de-nouvelles-technologies-permettant-de-renforcer-la-securite-alimentaire-et-la-salubrite-des-aliments.html>.

En Nouvelle-Écosse, les problèmes de sécurité alimentaire ont eu des répercussions directes sur les moyens de subsistance des producteurs indépendants, forçant certains d'entre eux à réorienter leurs efforts de production (p. ex. en passant de la production de porcs à celle de baies). Cependant, cette réorientation a permis de tirer parti de la technologie pour surveiller la nutrition des plantes, les déchets et les conditions atmosphériques en réponse aux changements de température et aux conditions de vent²³⁵.

La COVID-19 a également posé divers problèmes de sécurité alimentaire, alors que la volatilité du fragile système d'approvisionnement alimentaire du Canada inquiète. Evan Fraser, de l'Université de Guelph, directeur de l'Arrel Food Institute et coprésident de l'étude de recherche *Growing Stronger: Aiming for Resilience in our Canadian Food System*, cite un dirigeant de l'industrie déclarant que « le système d'approvisionnement alimentaire au Canada a plié, sans toutefois se briser, mais il a failli se briser sur quelques points clés²³⁶ ». Tout en reconnaissant l'importance des travailleurs des épicerie, des livreurs et des travailleurs à la transformation et à la production d'aliments, d'autres préoccupations ont été soulevées : les interdictions de voyager ont limité la disponibilité des travailleurs étrangers temporaires et causé de graves pénuries de main-d'œuvre, la faible demande dans l'industrie des aliments et des boissons a entraîné des surplus de déchets organiques, et des installations de production de viande ont dû fermer pendant de longues périodes en raison d'éclotions de COVID-19²³⁷.

Evan Fraser et Lenore Newman, titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur la sécurité alimentaire et l'environnement de l'Université Fraser Valley, notent toutefois que l'adoption généralisée de technologies pourrait être la clé d'un système de sécurité alimentaire plus écologique et plus résilient. Trois technologies ont été mises en évidence, notamment l'agriculture verticale, l'agriculture de précision et l'agriculture cellulaire (sujet dont nous avons traité à la **section I**)²³⁸. Lors de la mise en œuvre d'une technologie, il est important d'observer les circonstances régionales, les climats et l'accessibilité, et de se demander si elle n'aggrave pas les problèmes de sécurité alimentaire existants²³⁹. Les technologies qui traitent de la sécurité alimentaire régionale ont non seulement le potentiel d'augmenter la production agricole, mais aussi de résoudre les problèmes de transport. Du point de vue de la production régionale, de nouvelles méthodes de culture (p. ex. agriculture urbaine²⁴⁰, agriculture verticale²⁴¹, agriculture « en boîte ») pourraient permettre de produire des aliments dans des endroits historiquement difficiles, tant en milieu rural qu'urbain. Par exemple, la ville de Vancouver a créé une stratégie alimentaire locale pour accroître la production alimentaire urbaine locale. Elle comprend des initiatives telles que l'utilisation accrue de poulets de basse-cour, de jardins communautaires et de marchés fermiers²⁴².

- 235 Gorman, M., « New government fund aims to help grow high-tech agriculture », 2021, CBC News : <https://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/farming-food-agriculture-government-funding-1.5959201>
- 236 Kelly, L., « Pandemic Offers Change to 'Reimagine' Food System », 2021, Northern Ontario Business : <https://www.northernontariobusiness.com/industry-news/agriculture/pandemic-offers-chance-to-reimagine-food-system-3536203> [traduction]
- 237 Kelly, L., « Pandemic offers change to 'reimagine' food system », 2021, Northern Ontario Business : <https://www.northernontariobusiness.com/industry-news/agriculture/pandemic-offers-chance-to-reimagine-food-system-3536203>
- 238 Fraser, E., et Newman, L., « Three Technologies Poised to Change Food and the Planet », 2021, Université de Guelph : <https://news.uoguelph.ca/2021/02/three-technologies-poised-to-change-food-and-the-planet/>
- 239 Anderson, M., « Timothy A. Wise: Eating Tomorrow: agribusiness, small farmers and the battle for the future of food », 1er septembre 2020, *Agriculture and Human Values* 37, no 3: 923-24 : <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10460-020-10024-w>
- 240 « Local Food », 2021, Ville de Vancouver : <https://vancouver.ca/green-vancouver/local-food.aspx#food-progress>
- 241 « Estimated market value of vertical farming in Canada from 2014 to 2025, by technology type », février 2018, Statista : <https://www.statista.com/statistics/801438/market-value-of-vertical-farming-in-canada-by-technology/>
- 242 « Local Food », 2021, Ville de Vancouver : <https://vancouver.ca/green-vancouver/local-food.aspx#food-progress>



Conclusion

Le changement climatique et la dégradation de l'environnement sont intrinsèquement liés à l'alimentation. Réduire les émissions agricoles de GES, la consommation d'eau douce et l'utilisation des terres tout en répondant à la demande croissante de nourriture dans les communautés nationales et internationales est une tâche difficile. Parallèlement, la COVID-19 a mis en évidence la nature de notre délicat système d'approvisionnement alimentaire, montrant comment des niveaux de productivité prolongés ou ralentis et des ralentissements économiques peuvent menacer notre mode de vie. La volatilité des prix et l'inflation progressent sans qu'il y ait un sentiment de répit immédiat. De même, il est clair que la stabilité alimentaire du Canada reste très sensible à des facteurs externes tels que les conditions météorologiques extrêmes, la fluctuation des coûts du pétrole et du gaz, et les urgences sanitaires.

Les circonstances sociales et environnementales changeantes du Canada offrent des possibilités : relever ces défis tout en assurant la sécurité alimentaire est un terrain fertile pour l'innovation. Ainsi, des entreprises opérant partout au Canada emploient des technologies propres, l'intelligence artificielle, l'apprentissage machine, la robotique, les drones, les logiciels et les technologies des sciences de la vie pour fournir divers produits et services technologiques agroalimentaires. Par conséquent, des technologies comme l'agriculture de précision, l'agriculture en environnement contrôlé, la production alimentaire durable et la biotechnologie agricole remanient les systèmes alimentaires nationaux et internationaux.

Des compétences nouvelles et émergentes sont maintenant recherchées dans les petites communautés rurales, tandis que de nouveaux rôles et responsabilités sont créés dans de nouveaux segments de l'industrie agroalimentaire, soulignant ainsi l'importance croissante de la technologie. Le présent rapport donne un aperçu de l'industrie de la technologie agroalimentaire au Canada et permet de mieux cerner les défis et les possibilités qui se présentent. En tenant compte des rôles recherchés et des compétences spécialisées et en les planifiant adéquatement, le secteur agricole canadien peut réaliser l'avantage concurrentiel que la technologie peut conférer à la sécurité alimentaire, à l'économie et à l'atténuation des changements climatiques. À mesure que les motivations pour une adoption accrue de la technologie augmentent, il en va de même des possibilités pour le Canada de faire de meilleurs gains d'efficacité, d'établir de nouvelles pratiques de production, et de se positionner en tant que partie prenante dans la réponse mondiale à la production alimentaire.

Méthodologie

Sources secondaires

Données d'entreprise

Le CTIC a dressé une liste d'entreprises de l'industrie canadienne des technologies agroalimentaires à l'aide de PitchBook. Les entreprises ont été incluses si elles œuvraient dans les secteurs verticaux des technologies agricoles, alimentaires et de la restauration et avaient un bureau ou un siège social au Canada. Les résultats de la recherche initiale ont été vérifiés pour déceler les données inexactes, et les entreprises inactives ont été supprimées. De même, les entreprises ont été retirées des résultats de la recherche initiale si elles ne correspondaient pas à la définition des entreprises de technologies agroalimentaires de la présente étude (voir la section « Définir les technologies agroalimentaires » ci dessous pour plus de détails).

Définir les technologies agroalimentaires

Étant donné l'étendue de sa chaîne d'approvisionnement, le secteur agroalimentaire chevauche des secteurs adjacents, notamment le commerce de détail, la santé et la fabrication. En fait, l'industrie de la transformation des aliments et des boissons est la plus importante industrie manufacturière au Canada, représentant 17 % de tout le PIB manufacturier et 18 % de l'emploi manufacturier²⁴³. Les études passées et présentes du CTIC portent sur l'incidence des technologies émergentes dans les secteurs du commerce de détail, de la santé et de la fabrication. Il est donc important de préciser les domaines de chevauchement qui ne sont pas inclus dans la présente étude. Les critères suivants ont été utilisés pour affiner la liste des entreprises technologiques agroalimentaires au Canada :

-  les entreprises technologiques qui desservent les industries de la vente au détail d'aliments et de la restauration sont considérées comme des technologies de détail et donc exclues de la présente étude : elles sont parfois appelées « technologies de vente au détail d'aliments » ou « technologies de la restauration »;
-  les entreprises de biotechnologie sont exclues de la présente étude si elles sont principalement destinées au secteur des soins de santé, mais celles qui sont axées sur la santé du bétail sont incluses;
-  les seules entreprises de transformation alimentaire de haute technologie qui sont incluses dans cette étude sont celles qui se concentrent sur la production de nouveaux aliments ou des techniques de transformation alimentaire de haute technologique, telles que celles utilisées dans la production de protéines de substitution et d'aliments à base de plantes (p. ex. chromatographie en phase gazeuse, chromatographie liquide haute pression, extraction et isolement des protéines, science de l'extrusion);
-  les entreprises technologiques qui desservent les usines de fabrication qui préparent et emballent les produits agroalimentaires.

243

« Aperçu du secteur agricole et agroalimentaire Canada 2018 », 20 novembre 2020, gouvernement du Canada : <https://agriculture.canada.ca/fr/secteurs-agricoles-du-canada/survol-industries-du-secteur-donnees-rapports/aperçu-du-secteur-agriculture-agroalimentaire-canada-2018>

Affichages d'emploi, emplois et données sur les compétences

Le CTIC a utilisé une combinaison de techniques de moissonnage du Web et de données secondaires exclusives pour déterminer les rôles et les compétences clés dans l'industrie des technologies agroalimentaires. Les sources utilisées pour le moissonnage du Web comprenaient des renseignements accessibles au public provenant de sites Web d'agrégation d'emplois, de sites de réseautage professionnel et de l'Emsi.

Documentation existante

Les parties qualitatives et quantitatives du présent projet ont été soutenues par un examen approfondi de la documentation disponible. L'analyse documentaire a permis de façonner les méthodes et les questions de recherche et de fournir des informations pour aider à valider davantage les conclusions du rapport. L'analyse documentaire initiale a permis d'identifier les personnes à interroger et les membres du comité consultatif ainsi que de définir une méthodologie pour la partie quantitative de la recherche.

Méthodologie de la recherche primaire

Enquête

L'enquête sur les technologies agroalimentaires s'adressait aux producteurs primaires, aux experts de l'industrie et aux fabricants de partout au Canada, et les réponses comprenaient celles des personnes ayant un pouvoir décisionnel supérieur au sein de leur organisation, comme les propriétaires, les fondateurs, les PDG, les cadres et les directeurs généraux. Le CTIC a reçu 310 réponses provenant de secteurs comme le blé, l'orge, les œufs, les moutons et les abeilles. Les questions portaient sur les rôles et les compétences recherchés, les tendances en matière d'adoption de la technologie, et les impacts de la COVID-19 sur les activités.

Secteur	Sous-secteur	Provinces et territoires	Nombre de répondants
Technologies agricoles	Divers	Alberta	104
Technologies agricoles	Divers	Colombie-Britannique	28
Grains et céréales	Cultures en général	Manitoba	61
Grains et céréales	Blé et orge	Nouveau-Brunswick	0
Grains et céréales	Grains	Terre-Neuve-et-Labrador	0
Horticulture	Apiculteurs	Territoires du Nord-Ouest	0
Horticulture	Apiculteurs	Nouvelle-Écosse	38
Horticulture	Bleuets sauvages	Nunavut	0
Horticulture	Horticulture	Ontario	17
Horticulture	Arbre fruitier	Île-du-Prince-Édouard	8
Horticulture	Produits	Québec	27
Horticulture	Pommes	Saskatchewan	27
Horticulture	Apiculteurs	Yukon	0
Bétail	Œufs		
Bétail	Moutons		310
Bétail	Fourrage et pâturage		
Bétail	Moutons		
Fabrication	Divers		

Figure 13 : Représentation des sous-industries de l'enquête.

Figure 14 : Représentation provinciale et territoriale de l'enquête.

Entrevues auprès d'informateurs clés

Le CTIC a mené 32 entrevues auprès d'informateurs clés possédant une expertise diversifiée dans les domaines de la production agroalimentaire, de la fabrication et des technologies. Les entrevues ont été réalisées de janvier à juin 2021. Les personnes interrogées occupaient des postes influents au sein de leur organisation, notamment des fondateurs, des PDG, des professeurs, des directeurs et des propriétaires. Ces entrevues visaient à recueillir des informations sur des questions générales relatives à l'organisation, les tendances en matière de technologies agroalimentaires au Canada, la main-d'œuvre et le talent.

Secteur	Nombre	Province	Nombre
Privé	15	Alberta	2
Universitaire	8	Colombie-Britannique	1
Public	7	Manitoba	4
Civil	2	Nouvelle-Écosse	6
		Ontario	11
		Québec	3
		Saskatchewan	5

Comité consultatif

Le CTIC a organisé trois réunions du comité consultatif regroupant huit intervenants de l'industrie. Les données ont été présentées au moyen d'activités interactives sur Miro et Jamboard. Les membres du comité consultatif se sont réunis trois fois pendant la durée du projet, et les réunions ont eu lieu en mars, juin et août 2021. Les participants au comité consultatif occupaient également des postes influents tels que dirigeant principal de la technologie, directeur général, professeur et directeur scientifique (jeunes entreprises, grandes organisations, secteurs civil, universitaire, privé et de la santé).

Secteur	Nombre	Province	Nombre
Privé	6	Alberta	2
Universitaire	2	Colombie-Britannique	2
		Ontario	1
		Québec	1
		Saskatchewan	2

Méthodologie de prévision

Le CTIC utilise les données mensuelles de l'Enquête sur la population active de Statistique Canada, réparties selon les codes du SCIAN et de la CNP, pour prévoir les niveaux d'emploi des divers secteurs considérés dans ses rapports sur les perspectives²⁴⁴. Ces séries de données mensuelles sont rajustées pour tenir compte de la saisonnalité à l'aide du programme de rajustement saisonnier X 13ARIMA SEATS²⁴⁵. En outre, plusieurs séries de données macroéconomiques et financières de Statistique Canada et de la Banque du Canada sont utilisées pour l'analyse. Celles-ci comprennent des données sur la production²⁴⁶, les prix²⁴⁷, les conditions du marché du travail²⁴⁸, les variables financières²⁴⁹ et d'autres variables macroéconomiques comme l'investissement²⁵⁰, l'épargne des ménages²⁵¹ et les ventes au détail²⁵².

Les modèles d'analyse d'autorégression vectorielle sont utilisés pour établir les prévisions. Cette analyse est un modèle de processus stochastique utilisé pour saisir les interdépendances linéaires entre plusieurs séries temporelles. Dans un tel modèle d'analyse, chaque variable possède une équation expliquant son évolution en fonction de ses propres valeurs décalées, des valeurs décalées d'autres variables endogènes et exogènes, et du terme d'erreur. Les modèles d'analyse d'autorégression vectorielle ne nécessitent pas de comprendre la relation causale entre les variables du modèle, mais simplement de savoir que les variables sont liées entre elles. La spécification du modèle (variables, décalages) est choisie en fonction de la minimisation des critères d'information de Schwarz-Bayesian et de Hannan-Quinn.

Les prévisions d'emploi pour le secteur dépendent des hypothèses relatives à la tendance du taux de chômage global et à d'autres variables macroéconomiques. Les projections du taux de chômage se fondent sur des attentes prospectives à l'échelle de l'économie globale, complétées par les résultats de l'enquête nationale du CTIC sur l'économie numérique du Canada.

- 244 septembre 2013, Statistique Canada : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1410022301&request_locale=fr; « Emploi selon l'industrie, données mensuelles désaisonnalisées », 4 juin 2021, Statistique Canada : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1410035502&request_locale=fr; « Caractéristiques de la population active selon le niveau de scolarité atteint, données mensuelles non désaisonnalisées », 4 juin 2021, Statistique Canada : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1410001901&request_locale=fr
- 245 « Taux du marché monétaire et autres taux d'intérêt de la Banque du Canada, Banque du Canada », 29 juin 2021, Statistique Canada : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1010013901&request_locale=fr; « Statistiques de la Bourse de Toronto », 1er juin 2021, Statistique Canada : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1010012501&request_locale=fr
- 246 « L'indice du taux de change effectif du dollar canadien », site consulté le 29 juin 2021, Banque du Canada : <https://www.banqueducanada.ca/taux/taux-de-change/lindice-de-taux-de-change-effectif-du-dollar-canadien/>
- 247 « Formation brute de capital fixe, trimestriel, Canada (x 1 000 000) », 1er octobre 2021, Statistique Canada : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3610010801&request_locale=fr
- 248 « Comptes courants et compte en capital – Ménages, Canada, trimestriel », 1er octobre 2012, Statistique Canada : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3610011201&request_locale=fr
- 249 « Ventes au détail par commerce électronique », 22 novembre 2016, Statistique Canada : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2010007201&request_locale=fr

Les projections du taux de chômage entrent de façon exogène dans les modèles d'analyse d'autorégression vectorielle pour prédire les tendances de la production (PIB) et de l'emploi. D'autres variables comme l'inflation, les taux d'intérêt, les indices boursiers, les prix des produits de base et les salaires entrent parfois dans le modèle selon qu'elles optimisent ou non les critères d'information.

Limites

Bien que des efforts aient été faits pour atténuer les biais potentiels, certaines limites peuvent être inévitablement intégrées dans la présente étude.

Mesurer la « taille » de l'industrie des technologies agricoles et de l'innovation des technologies alimentaires

Pour définir l'industrie des technologies agricoles et de l'innovation des technologies alimentaires dans le présent rapport, le CTIC a utilisé une combinaison de recherches secondaires et primaires pour estimer la taille de l'industrie au Canada. Le CTIC continuera de suivre ces données au fil du temps, mais il est possible que la taille globale de cette industrie soit inférieure ou supérieure aux estimations initiales. Cette limite s'applique à l'ensemble de données sur les entreprises de technologies agroalimentaires élaboré à partir des données de PitchBook, aux données des offres d'emplois élaborées à l'aide d'Emsi et de techniques de moissonnage du Web, ainsi qu'aux données sur la population active de Statistique Canada.

Perspectives qualitatives

Bien que le CTIC ait fait un effort concerté pour consulter un éventail diversifié d'intervenants en technologies agroalimentaires, les tendances cernées par les entrevues auprès des informateurs clés et les réunions du comité consultatif doivent être interprétées uniquement comme les expériences des personnes interrogées. Au total, le CTIC a mené 31 entrevues, un échantillon trop petit pour être considéré comme représentatif de l'ensemble de l'industrie.

Enquête

Bien que le CTIC ait présenté l'enquête selon la moyenne de l'industrie en se fondant sur les commentaires des informateurs clés et des membres du comité consultatif, puisque ni l'industrie ni les provinces et territoires ne sont représentés proportionnellement, les résultats de l'enquête ne doivent pas être considérés comme représentatifs ou statistiquement significatifs. Les tendances et les conclusions observées dans le rapport, surtout les variations entre les sous-industries, pourraient être biaisées en faveur des industries surreprésentées (p. ex. moutons et œufs) ainsi que des provinces (p. ex. Alberta) (voir les figures 13 et 14 pour plus de détails). De plus, en se concentrant uniquement sur l'horticulture, le bétail, les céréales et les semences, l'enquête du CTIC ne représente pas d'autres sous secteurs agricoles clés. Ces résultats comportent des limites importantes, mais ils constituent néanmoins une base solide pour les recherches futures.