



CIRANO

Allier savoir et décision

La durabilité, la traçabilité et la pérennité du secteur agroalimentaire québécois passent par l'accélération de la numérisation

HENRI-PAUL ROUSSEAU

EN COLLABORATION AVEC

CHRISTOPHE MONDIN

2020RP-34
RAPPORT DE PROJET

RP

Ce document a été préparé pour le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) qui a sollicité la contribution d'un comité d'experts du Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO) afin que ceux-ci proposent, par l'entremise de documents de réflexion, des pistes de solutions ou des leviers d'action à privilégier pour répondre aux enjeux avec lesquels le secteur agroalimentaire au Québec doit composer, en particulier celui de l'autonomie alimentaire, et pour relancer l'économie. Un rapport de synthèse incluant une mise en perspective avec des constats issus du Baromètre de la confiance à l'égard des aliments est disponible : <https://www.cirano.qc.ca/fr/sommaires/2020PR-04>.

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure de infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du gouvernement du Québec, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche.

CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Quebec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the government of Quebec, and grants and research mandates obtained by its research teams.

Les partenaires du CIRANO – CIRANO Partners

Partenaires corporatifs – Corporate Partners

Autorité des marchés financiers
Banque de développement du Canada
Banque du Canada
Banque nationale du Canada
Bell Canada
BMO Groupe financier
Caisse de dépôt et placement du Québec
Énergir
Hydro-Québec
Innovation, Sciences et Développement économique Canada
Intact Corporation Financière
Investissements PSP
Manuvie Canada
Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation
Ministère des finances du Québec
Mouvement Desjardins
Power Corporation du Canada
Rio Tinto
Ville de Montréal

Partenaires universitaires – Academic Partners

École de technologie supérieure
École nationale d'administration publique
HEC Montréal
Institut national de la recherche scientifique
Polytechnique Montréal
Université Concordia
Université de Montréal
Université de Sherbrooke
Université du Québec
Université du Québec à Montréal
Université Laval
Université McGill

Le CIRANO collabore avec de nombreux centres et chaires de recherche universitaires dont on peut consulter la liste sur son site web. *CIRANO collaborates with many centers and university research chairs; list available on its website.*

© Décembre 2020. Henri-Paul Rousseau, Christophe Mondin. Tous droits réservés. *All rights reserved.* Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©. *Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source.*

Les idées et les opinions émises dans cette publication sont sous l'unique responsabilité des auteurs et ne représentent pas nécessairement les positions du CIRANO ou de ses partenaires. *The observations and viewpoints expressed in this publication are the sole responsibility of the authors; they do not necessarily represent the positions of CIRANO or its partners.*

La durabilité, la traçabilité et la pérennité du secteur agroalimentaire québécois passent par l'accélération de la numérisation

Henri-Paul Rousseau *

*avec la collaboration de
Christophe Mondin* †

Résumé

Pour favoriser l'achat et la production locale et pour renforcer les chaînes d'approvisionnements tout en accélérant le virage écologique du secteur agroalimentaire du Québec, il faut impérativement numériser ce secteur. Car seule la numérisation de la production, de la transformation et de la distribution des aliments générera les données nécessaires à l'atteinte de ces objectifs. La numérisation permettra également de « retracer » les aliments que nous produisons et ainsi de valider leur qualité et leur provenance, des exigences devenues incontournables tant sur les marchés domestiques qu'internationaux.

Grâce à ces données sur l'écosystème agroalimentaire québécois nous pourrions rendre nos chaînes d'approvisionnements plus résilientes et mesurer, et ultimement réduire, l'empreinte écologique des filières agroalimentaires. Pour que la numérisation de ces filières soit une véritable priorité, il faudra, au préalable, réunir certaines conditions : doter toutes les régions agricoles de connexions à internet haute vitesse, établir un état des lieux pour chaque filière, créer rapidement un centre de vigie pour profiter des expériences étrangères et mobiliser, pour plusieurs années, une équipe dédiée à la réalisation de ce projet. Des conditions exigeantes certes, mais ô combien structurantes pour l'économie québécoise.

Mots-clés : Traçabilité, Numérisation, Agroalimentaire, Données, Durabilité, Chaîne de blocs

* Professeur invité à l'École d'Économie de Paris, Professeur associé à HEC Montréal, Fellow invité du CIRANO et Président du conseil d'administration de Noovelia

† Professionnel de recherche au CIRANO

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCTION | 4 |
| 1 LA REVOLUTION NUMERIQUE..... | 7 |
| 1.1 UNE NOUVELLE DYNAMIQUE INDUSTRIELLE | 7 |
| 1.1.1 <i>Modèle d'affaires des agrégateurs</i> | 9 |
| 1.1.2 <i>Modèle d'affaires des plateformes</i> | 10 |
| 1.1.3 <i>Modèle d'affaires hybride : les « plateformes-agrégateurs »</i> | 11 |
| 1.2 UN EXEMPLE DE NUMERISATION EN AGROALIMENTAIRE AU QUEBEC : L'ENTREPRISE PATATES DOLBEC..... | 13 |
| 1.3 LES ALGORITHMES D'APPRENTISSAGE ET L'INDUSTRIE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET DU NUMERIQUE..... | 15 |
| 1.4 LES FOURNISSEURS DU MONDE NUMERIQUE | 17 |
| 1.5 L'IMPACT DU NUMERIQUE ET DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE SUR LA PRODUCTIVITE | 19 |
| 1.6 LA TRANSITION NUMERIQUE COMME LEVIER DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE RESPONSABLE | 21 |
| 2 DE L'AGRICULTURE DE PRECISION A L'AGROALIMENTAIRE NUMERIQUE | 23 |
| 2.1 LA DEMANDE ET L'OFFRE DU NUMERIQUE EN AGROALIMENTAIRE | 23 |
| 2.2 DESCRIPTION DES TECHNOLOGIES | 24 |
| 2.2.1 <i>L'agriculture de précision</i> | 24 |
| 2.2.2 <i>L'agriculture numérique</i> | 26 |
| 2.3 RETOMBÉES ET IMPACTS DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES SUR LES FILIÈRES AGROALIMENTAIRES | 29 |
| 2.3.1 <i>L'optimisation des chaînes d'approvisionnement</i> | 29 |
| 2.3.2 <i>L'alimentation durable et l'origine locale des biens</i> | 37 |
| 3 LES DEFIS ET LES OBSTACLES A LA NUMERISATION DU SECTEUR AGROALIMENTAIRE..... | 41 |
| 3.1 LA CONNECTIVITE EN TERRITOIRES AGRICOLES : UNE SITUATION ALARMANTE | 41 |
| 3.2 DEFIS TECHNIQUES..... | 43 |
| 3.3 DEFIS ORGANISATIONNELS ET CULTURELS | 45 |
| CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS | 47 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 54 |
| ANNEXE – RAPPORT <i>État de la connectivité des terres agricoles au Québec</i>..... | 64 |

Liste des graphiques

| | |
|---|----|
| Graphique 1 – Représentation du concept des « douves » (moat map, à partir de Thompson, 2017)..... | 9 |
| Graphique 2 – La chaîne de traçabilité de Patates Dolbec : de la terre jusqu’aux étagères d’épicerie | 14 |
| Graphique 3 - Proportion des fermes de grains et d’oléagineux utilisant la technologie du GPS (Boudreau, 2018) . | 25 |
| Graphique 4 - Modèle de contrat intelligent pour les agri-entreprises (à partir de Flores <i>et al.</i> , 2020) | 33 |
| Graphique 5 - Sécurité des transactions avec la chaîne de blocs (à partir de Flores <i>et al.</i> , 2020) | 33 |
| Graphique 6 - Illustration d’un écosystème sans frontières pour les intégrants entreprises et agriculteurs (à partir de Intellias, 2020)..... | 36 |
| Graphique 7 - Les principaux défis de l’agriculture numérique (adapté de Bacco <i>et al.</i> , 2019) | 45 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 - Compagnies et sites Internet faisant la promotion des solutions chaîne de blocs pour les chaînes d’approvisionnement du secteur agricole (à partir de Demestichas <i>et al.</i> , 2020) | 35 |
| Tableau 2 - La connectivité à l’internet et les tests de performance ACEI en territoires agricoles au Québec (à partir de Lemay et Digital Ubiquity Capital, 2020)..... | 42 |

Remerciements

Je tiens à exprimer mes remerciements à Christophe Mondin, professionnel de recherche au CIRANO pour sa collaboration dans la préparation de ce document.

Je suis reconnaissant à Ingrid Peignier, directrice principale des partenariats et de la valorisation de la recherche au CIRANO, et à Nathalie de Marcellis-Warin, présidente-directrice générale du CIRANO, qui ont pu m'apporter leurs commentaires et remarques au cours des réunions de préparation et au cours des nombreuses et précieuses relectures.

Merci à Maurice Doyon, Jean-Denis Garon, Bernard Korai, Alain Lemieux, Claude Montmarquette, Lota Tamini, et Thierry Warin pour leurs observations et leur expertise qui ont permis d'améliorer le document à différentes étapes.

Je remercie également l'équipe d'IBM Canada de m'avoir présenté ses perspectives sur la numérisation du secteur agroalimentaire, et en particulier pour m'avoir expliqué les caractéristiques de l'IBM Food Trust et présenté des exemples de son utilisation dans de nombreux projets de numérisation ailleurs dans le monde.

Je tiens à remercier messieurs Mathieu Lemay et Marc-André Nadeau de la firme Digital Ubiquity Capital pour avoir accepté de contribuer à ce document en m'autorisant à utiliser leurs travaux sur la connectivité des territoires agricoles (voir Annexe).

Enfin, merci au comité scientifique du CIRANO pour leurs judicieux commentaires qui ont permis de parfaire le fond et la forme de ce document avant sa publication.

Je demeure seul responsable des erreurs ou des omissions présentes dans ce document.

Introduction

Le Québec, comme les autres sociétés du monde, est entré dans la quatrième révolution industrielle : la révolution numérique. La caractéristique principale des nouvelles technologies numériques est qu'elles se superposent pour établir des réseaux permanents de communications et d'interactions entre les personnes, les objets et les machines grâce à la numérisation (ou la digitalisation) de tous les processus d'affaires. Le client peut maintenant passer la commande d'un produit selon ses besoins directement par Internet ; le paiement et le transfert des fonds se font instantanément par Internet ; des fournisseurs vont produire et livrer très rapidement le produit. Cette intégration des processus de vente, de production, du contrôle qualité, de gestion des inventaires, de distribution et de paiement bouscule les anciens modèles d'affaires et

La révolution numérique et la montée en puissance des plateformes et des agrégateurs viennent bouleverser la distribution de tous les produits incluant les produits alimentaires.

transforme radicalement les sources de création de valeur tout en déplaçant les marges bénéficiaires entre les intervenants d'un secteur ou d'un marché. Elle fait apparaître simultanément des milliards de données qui deviennent la clef pour définir des stratégies industrielles gagnantes et pour gérer de façon

optimale les opérations de production et de distribution des biens, incluant les aliments.

La compréhension des multiples implications de cette révolution numérique qui frappent tous les secteurs de l'économie est un prérequis essentiel pour évaluer la manière dont la révolution numérique et la montée en puissance des plateformes et des agrégateurs viennent bouleverser la distribution de tous les produits incluant les produits alimentaires. La première section de ce document présente cette nouvelle dynamique industrielle qui motive l'urgence de la numérisation du secteur agroalimentaire du Québec.

La deuxième section a pour sujet l'agroalimentaire et le numérique et elle couvre : l'agriculture de précision, l'agriculture numérique, l'alimentation durable et l'optimisation des chaînes d'approvisionnement du secteur agroalimentaire. L'agriculture a toujours bénéficié de grandes découvertes technologiques ; il y a plus de cinquante ans naissait ce que l'on appelle aujourd'hui l'agriculture de précision qui vise à *adopter la bonne pratique de culture, sur le bon sol, au bon moment et avec la bonne intensité*. Cette agriculture de précision constitue la pierre angulaire de l'agriculture numérique. Cette précision provient des multiples capteurs installés sur les équipements agricoles, des nombreux GPS, lasers et drones effectuant une lecture des sols sur les fermes, des outils sophistiqués de semence, de pulvérisation et de récolte utilisés dans les

champs de même que des systèmes intelligents installés pour nourrir, traire et surveiller les animaux dans les étables et à l'extérieur. Tous ces équipements sont reliés à des réseaux Internet et procurent aux agriculteurs et à leurs fournisseurs les données servant à mieux gérer leur exploitation.

L'agriculture numérique est un concept plus large et plus englobant que l'agriculture de précision, car elle concerne la ferme et son écosystème de fournisseurs, de distributeurs et des autres parties prenantes incluant les organismes de réglementation, les gouvernements, les clients et le grand public. Il est donc tout à fait naturel que la numérisation de l'écosystème d'une filière agroalimentaire conduise à faciliter l'alimentation durable tout en étant un levier très puissant pour optimiser les chaînes d'approvisionnement.

Cette révolution numérique s'impose donc de façon urgente partout dans le monde parce que ces technologies peuvent aider les sociétés à relever les nombreux défis associés à l'alimentation tels que l'augmentation de l'offre alimentaire aux populations, la sécurité et la traçabilité des aliments, la transition écologique du secteur agroalimentaire et la nécessité de rendre les chaînes d'approvisionnement plus efficaces, plus résilientes et efficaces au bénéfice de tous. Des objectifs épousés par le MAPAQ et le gouvernement du Québec.

La numérisation du secteur agroalimentaire produit déjà des quantités astronomiques de données. Parce que ces données doivent être de qualité et vérifiables, tout en étant sécurisées pour protéger la vie privée et les avantages concurrentiels des producteurs et des distributeurs, la technologie de la chaîne de blocs s'impose de plus en plus comme l'architecture technologique la plus appropriée pour gérer ces flux de données. Cette technologie est présentée dans ce texte, et des références à de nombreux projets en cours dans le monde y sont fournies.

Le numérique n'est pas un secteur en soi, mais une composante transversale à tous les secteurs de l'économie.

La troisième section aborde les défis et les obstacles à la numérisation du secteur agroalimentaire québécois, et souligne les dimensions à la fois techniques, organisationnelles et culturelles de ces

difficultés. Parmi ces obstacles, le plus important demeure la connectivité des territoires agricoles du Québec : près de 70 % de régions pourtant qualifiées de « bien desservies » ont en réalité des connexions au débit inférieur au seuil minimal établi par le Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes (CRTC). Un autre enjeu de taille est de réussir à convaincre le secteur agroalimentaire d'accélérer son virage numérique tout en identifiant les bonnes politiques publiques pour le soutenir dans cette démarche et offrir une aide financière incitative efficace.

La conclusion de ce document revient avec force sur la nécessité de *gagner la guerre des données* dans un monde numérisé et offre un résumé de l'argumentaire qui motive l'urgence de la numérisation des principales filières agroalimentaires du Québec. Le numérique n'est pas un secteur en soi, mais une composante transversale à tous les secteurs de l'économie. C'est un levier indispensable et incontournable pour l'atteinte des objectifs stratégiques envisagés par le MAPAQ. La conclusion énonce également cinq recommandations favorisant la numérisation du secteur agroalimentaire du Québec.

1 La révolution numérique

1.1 Une nouvelle dynamique industrielle

La quatrième révolution industrielle (la révolution numérique) serait née en Allemagne autour de 2013 (Petrillo *et al.*, 2018) et elle s'est rapidement répandue ailleurs dans le monde. La première révolution industrielle date de la fin du 18^e siècle et elle a permis la mécanisation de la production grâce à l'invention du moteur à eau et de celui à vapeur, de même que des machines-outils ; elle fut suivie par la deuxième révolution qui elle se développa grâce à l'électrification des usines ; c'est alors que la production de masse s'imposa très largement, inspirée du modèle des usines Ford. Il faudra attendre la fin du siècle dernier et le début du 21^e pour voir apparaître la troisième révolution dans l'industrie manufacturière caractérisée par une vague d'automatisation et de robotisation qui sera accompagnée d'une plus grande pénétration de l'électronique et des technologies de l'information dans tous les secteurs de biens et de services de l'économie. Et c'est à peine vingt ans plus tard que l'industrie 4.0 et la révolution numérique naissent, déclenchant en quelques années un tsunami de changements qui frapperont cette fois non seulement l'industrie manufacturière, mais également la distribution des biens et services dans toutes les industries et dans de tous les types d'organisations privées et publiques (Greenman, 2019).

La caractéristique principale des nouvelles technologies est qu'elles se superposent pour établir des réseaux permanents de communication et d'interactions entre les personnes, les objets et les machines grâce à la numérisation (ou la digitalisation) de tous les processus d'affaires. Le client peut maintenant commander un produit ou un service selon ses besoins directement par Internet ; le paiement et le transfert des fonds se font instantanément par Internet ; ces informations sont instantanément transmises aux fournisseurs qui vont produire et livrer très rapidement le produit et le service. Cette intégration des processus de vente, de production, de contrôle qualité, de gestion des inventaires, de distribution et de paiement bouscule les anciens modèles d'affaires et transforme radicalement les sources de création de valeur tout en déplaçant les marges bénéficiaires entre les intervenants d'un secteur ou d'un marché. Analysons cela plus en profondeur.

Avant l'apparition et la généralisation de l'Internet, tout secteur industriel était composé de trois blocs : les producteurs (manufacturiers, entreprises agroalimentaires ou de services, artisans et agriculteurs), les distributeurs (grossistes et détaillants), et les clients (particuliers et entreprises). Dans ce monde prénumérique, les coûts d'information encourus par les producteurs pour communiquer avec les fournisseurs et les clients d'une part, les coûts de distribution, d'échange

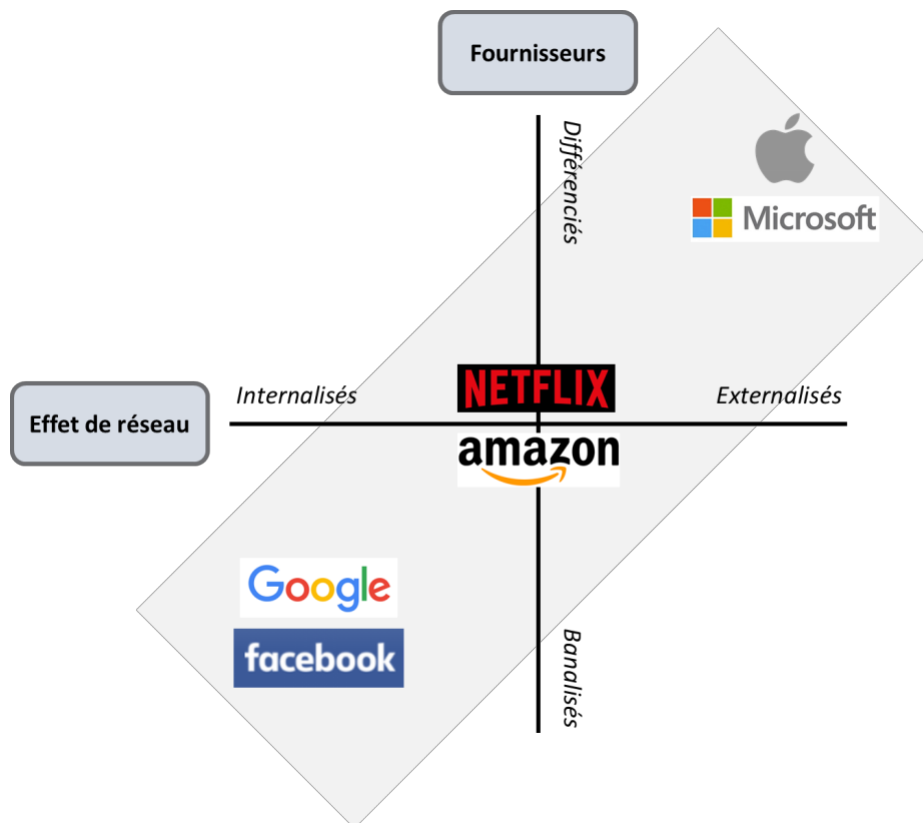
et de transactions entre les différents intervenants d'autre part, étaient si élevés que pour dominer une industrie il était essentiel soit de maîtriser le marché des fournisseurs en étant intégré verticalement, ou de régir sur celui des distributeurs en ayant construit une forte présence horizontale dans une région ou un marché. À titre d'exemple, si le journal hebdomadaire régional avait construit une position dominante comme principal média diffusant les nouvelles locales et régionales auprès de tous les habitants de la région, il était en mesure de capter les revenus de publicité des fournisseurs régionaux. Il était celui qui offrait les coûts de communications les plus faibles et cet avantage lui permettait de dominer le marché des informations. Certes, il pouvait faire face à de la concurrence, mais même dans ce cas, la dynamique industrielle du monde prénumérique était préservée.

Dans un monde numérique, la logique industrielle est radicalement modifiée parce qu'avec la généralisation d'Internet, le coût marginal pour diffuser une information additionnelle à de très nombreux clients est presque nul, tout comme est presque nul le coût marginal pour exécuter une transaction. Certes, bâtir une entreprise reposant sur une utilisation intensive d'Internet représente des coûts fixes importants et prend du temps, mais lorsque les logiciels et les infrastructures des réseaux ont été mis en place, le coût marginal d'information, de transaction et de distribution par Internet tend vers zéro. De plus, il existe maintenant des plateformes et des applications permettant de lancer une nouvelle entreprise sur Internet à des coûts radicalement inférieurs à ceux qui prévalaient dans un monde prénumérique (et aussi au début de monde numérique). Shopify, une société canadienne, offre justement ce type de service aux petites et moyennes entreprises en proposant des forfaits mensuels du plus simple au plus sophistiqué (shopify.com). C'est ce changement dans la structure des coûts qui provoque un nouveau paradigme d'affaires et installe une nouvelle dynamique industrielle qui fait naître et grandir de nouveaux modèles d'affaires. Parmi ces nouveaux modèles, il est utile de reconnaître les plus pertinents.

Ben Thompson de Stratechery (2017) a de façon très pédagogique présenté ces différents modèles et surtout expliqué comment ces entreprises réussissent à construire des *douves* (*moat map*) les protégeant de leurs concurrents et leur permettant à terme de devenir dominants et valider ainsi la thèse du *winner takes all*.

Dans un monde numérique, la logique industrielle est radicalement modifiée parce qu'avec la généralisation d'Internet, le coût marginal pour diffuser une information additionnelle à de très nombreux clients est presque nul, tout comme est presque nul le coût marginal pour exécuter une transaction.

Il utilise deux indicateurs : le niveau de différenciation des fournisseurs et le degré d'externalisation des effets de réseau. Sur cette représentation, Thompson distingue deux archétypes d'entreprise : les agrégateurs et les plateformes.



Graphique 1 – Représentation du concept des « douves » (moat map, à partir de Thompson, 2017)

1.1.1 Modèle d'affaires des agrégateurs

Pour Thompson (2017), les deux plus importants agrégateurs de clients et/ou de données sont Facebook et Google. Le premier a réussi à agréger plus de 2,4 milliards de membres qui échangent beaucoup d'informations de toutes sortes, alors que le second est connecté à plus de 2 milliards d'appareils regroupant des milliards d'individus et entreprises, gérant un nombre presque illimité de données de toutes sortes. Dans les deux cas, ces entreprises bénéficient de deux effets extrêmement protecteurs : des effets de réseaux vertueux qui sont totalement

internalisés, et des effets d'indépendance et d'indifférence de leurs fournisseurs qui leur assurent un mur de protection de la concurrence des plus efficace. La capacité de Facebook de facturer des espaces publicitaires augmente au fur et à mesure que le nombre de membres augmente sur

[...] plus il y a de membres, plus le réseau devient attrayant pour les publicitaires et également pour les membres actuels et futurs, car ils peuvent joindre plus d'amis ; c'est la logique de l'effet de réseau créant un cercle vertueux.

son réseau ; or plus il y a de membres, plus le réseau devient attrayant pour les publicitaires et également pour les membres actuels et futurs, car ils peuvent joindre plus d'amis ; c'est la logique de l'effet de réseau créant un cercle vertueux.

De plus, comme pour Facebook, les fournisseurs d'informations, de photographies, et en réalité de tout contenu présent sur le site sont en fait les usagers-membres du réseau eux-mêmes. Facebook est complètement indépendant et indifférent de ses fournisseurs : il est un pur agrégateur ! Google est également un agrégateur, mais avec quelques petites nuances ; à titre de réseau sur Internet, Google bénéficie également des effets de réseaux positifs, car plus il y a d'usagers, plus il est en mesure d'exiger davantage de ses publicitaires et plus les informations et les données seront nombreuses et en croissance. Cependant, Google serait légèrement moins indépendant de ses fournisseurs, car il utilise de fait certains fournisseurs attirés avec qui il pourra partager partiellement ses revenus de publicité. Google demeure cependant le moteur de recherche dominant, voire écrasant — près de 93 % de part de marché en octobre 2020 — et engrange des bénéfices grâce à ses « murs de protection » que lui procurent les effets de réseau (Statcounter GlobalStats, 2020).

1.1.2 *Modèle d'affaires des plateformes*

À l'autre extrémité du spectre, de l'effet de réseau et de l'indépendance vis-à-vis des fournisseurs, Thompson identifie les plateformes et il y reconnaît deux grands joueurs : Apple et Microsoft. En effet, dans les deux cas, leur force repose sur ce fabuleux écosystème de fournisseurs différenciés qui jour après jour fournissent de nouvelles applications toujours plus efficaces que les dernières et ajoutent de multiples fonctionnalités aux appareils et aux logiciels d'Apple et Microsoft, assurant ainsi la dominance de leurs produits dans leurs marchés. Plus encore, ni Microsoft ni Apple ne bénéficient à proprement parler d'effets de réseau (à moins de considérer les magasins Apple comme un réseau). En fait, les plateformes pures ont bâti leur mur de protection justement grâce à leur écosystème de fournisseurs qui leur procurent la capacité de créer des outils et des applications à forte valeur ajoutée, ce qui contribue à imposer leur

marque. Cela n'a pas empêché Microsoft Office de dominer son marché, mais ce n'était pas par des effets de réseau. De même, Apple a pu non seulement dominer des marchés, mais parfois même les transformer grâce à ses produits, comme celui du téléphone intelligent. Avant l'arrivée de l'iPhone, les consommateurs voulant un téléphone portable choisissaient et faisaient affaire avant toute chose avec l'opérateur téléphonique et son offre de forfaits, le modèle ou la marque de l'appareil étaient secondaires. Cette hiérarchie s'est renversée avec la sortie de l'iPhone et l'apparition sur le marché des téléphones intelligents concurrents : le consommateur voulant obtenir l'appareil (iPhone) avant le service (le forfait téléphonique) s'orientait naturellement vers certains opérateurs proposant en exclusivité le ou les appareils convoités (Dissanayake et Amarasuriya, 2015 ; Sandler, 2019). Aujourd'hui, un simple coup d'œil sur les publicités des opérateurs téléphoniques révèle cette inversion presque totale de la dépendance entre ces derniers et les fabricants d'appareils, et les opérateurs sont dans l'obligation de proposer certains produits phares sous peine de se priver voire de perdre de nombreux clients (Lescop et Lescop, 2013). Ce renversement de situation est le fruit du déploiement d'un marketing agressif d'une part, et de la mise en œuvre d'un comportement prédateur et anticoncurrentiel d'autre part (Agence France-Presse, 2020).

1.1.3 *Modèle d'affaires hybride : les « plateformes-agrégateurs »*

Enfin, toujours selon Thompson, il existe le modèle hybride où l'on retrouve des sociétés telles qu'Amazon et Netflix qui sont en fait des plateformes-agrégateurs. D'une part, elles bénéficient d'effets de réseau positifs et partiellement internalisés ; plus il y a d'acheteurs sur Amazon, plus celle-ci peut négocier à la baisse les coûts de ses fournisseurs, et plus ses coûts fixes peuvent être amortis sur un plus grand nombre de clients ; d'autre part, leurs fournisseurs sont partiellement différenciés bien qu'ils n'ont pas énormément de pouvoir sur Amazon, car justement celui-ci bénéficie d'effets de réseau assez importants pour être passablement indépendant de ses fournisseurs. En effet, les plateformes-agrégateurs sont des réseaux à plus d'un titre : au minimum un réseau de fournisseurs et un réseau de clients. En fait, c'est tout un écosystème de partenaires qui gravite autour d'Amazon et en fait sa force. Shopify a également développé un écosystème de partenaires similaire et essaie de se positionner comme un compétiteur d'Amazon (Thomson, 2019 ; Strain, 2020).

Un regard plus attentif sur le modèle d'affaires d'Amazon permet de mieux comprendre la différence fondamentale entre la logique industrielle prénumérique et celle découlant du monde numérique.

À ses débuts, Amazon achetait des livres au prix de gros de ses fournisseurs et les revendait aux prix de détail à ses clients, suivant la logique du monde prénumérique : Amazon était un simple intermédiaire qui bénéficiait certes de coûts d'information et de transaction plus faibles grâce à Internet et jouait le rôle de plateforme en facilitant les relations entre des tierces parties. Avec le temps, le nombre de produits a été élargi et Amazon est devenu de plus en plus efficace tout en augmentant le nombre de ses centres de distribution et de logistique à travers les États-Unis, puis à travers le monde.

Aujourd'hui, ses capacités logistiques sont tellement importantes et efficaces qu'Amazon est devenu un fournisseur de services de distribution de biens sur Internet et cela sans que les clients ne puissent plus vraiment faire la distinction entre les grossistes qui vendent leurs produits à Amazon (ce dernier les revendant par la suite en réalisant une marge de distributeur), et les fournisseurs qui utilisent les services et capacités logistiques d'Amazon (ce dernier encaissant alors un revenu pour les services logistiques rendus).

Amazon a récemment acquis Wholefoods non pas pour acquérir un fournisseur, mais plutôt un client, et ainsi maîtriser la chaîne du froid et les composantes de la distribution des aliments dans le but de devenir une plateforme de choix pour tous les épiciers. Amazon devient une plateforme de plateformes !

Les clients qui achètent sur Amazon vivent exactement la même expérience client dans les deux cas. Comme l'expérience est excellente, de plus en plus de fournisseurs veulent utiliser Amazon qui bénéficie d'un effet de réseau caractéristique du monde numérique. Amazon a créé en 2007 Amazon Prime permettant à ses meilleurs clients de participer à un programme de loyauté leur offrant la livraison gratuite et rapide, des escomptes sur les achats de films ou de biens dans ses magasins tels que Wholefoods. Selon le Consumer Intelligence Research Partnerships, aujourd'hui plus de 65 % de ses clients ont souscrit à l'offre Amazon Prime, soit plus de 126 millions de consommateurs (chiffre de la fin du troisième trimestre de 2020, juste aux États-Unis).

Ainsi en moins de 20 ans, le nombre de centres de logistique d'Amazon est passé de quelques-uns à plus de 100 tandis que Walmart, qui a commencé ses activités il y a plus de 50 ans, ne possède qu'une vingtaine de centres de distribution et de logistique. Walmart compense ce retard avec ses 4500 points de vente, mais l'arme de combat d'Amazon est sa logistique qui vient en appui à l'expérience client sur Internet. Amazon est devenu non plus un simple agrégateur, mais une plateforme de distribution aux multifacettes pour les consommateurs (*business to consumer, B2C*), mais aussi pour les entreprises (*business to business, B2B*) (Thompson, 2017). Ce

n'est pas tout : Amazon est également devenu une plateforme offrant des services d'infonuagique (*Amazon Web Services, AWS*) à un nombre croissant de jeunes pousses, de petites et moyennes entreprises, de même qu'à certains de ses concurrents. Il est le joueur clef dans le commerce de détail tout comme dans le commerce de gros sur Internet ! Finalement, Amazon a récemment acquis Wholefoods non pas pour acquérir un fournisseur, mais plutôt un client, et ainsi maîtriser la chaîne du froid et les composantes de la distribution des aliments dans le but de devenir une plateforme de choix pour tous les épiciers. Amazon devient une plateforme de plateformes (Montet, 2020) ! Thomson les appelle aussi les « super-agrégateurs » (Thomson, 2017 ; Thomson, 2020 ; Wu, 2020).

La révolution numérique ne bouscule pas seulement le secteur de la distribution, les secteurs manufacturiers et agroalimentaires sont aussi directement frappés par ces nouvelles technologies. La numérisation des processus crée des réseaux d'interactions entre les objets, les machines et les robots parce qu'ils utilisent des capteurs de sons et d'images de plus en plus sophistiqués et génèrent en continu des données sur la quantité produite, les délais et la qualité de la production, l'usure des machines-outils, le niveau des inventaires des intrants, la qualité des sols, la productivité des équipements agricoles, les biens en production et les biens finis, etc. Ces données deviennent une source d'information pour mieux gérer les processus et optimiser l'utilisation des ressources. Ces données nourrissent aussi des algorithmes intelligents qui viennent contribuer à l'amélioration continue des processus, réalisée de manière automatique. Ces systèmes mariant le monde physique et le monde numérique permettent l'intégration du système des technologies de l'information et du traitement des données avec les composantes mécaniques et électroniques des équipements et des processus de production.

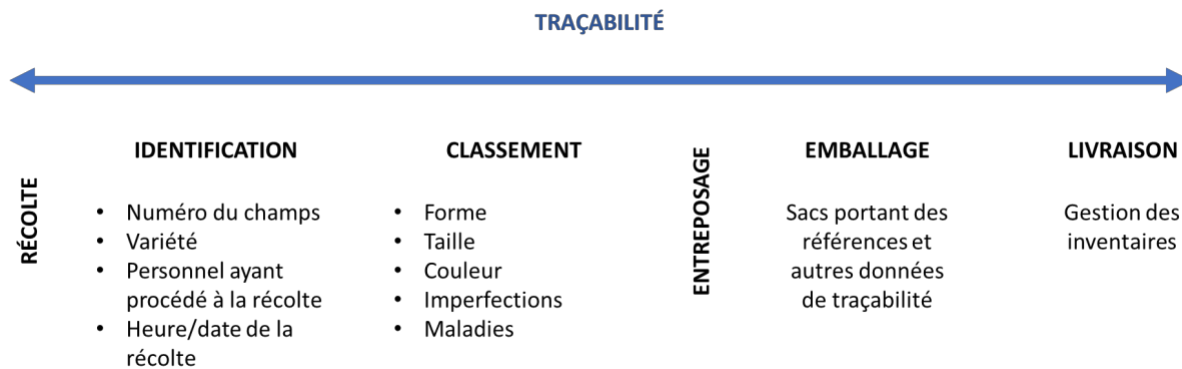
1.2 Un exemple de numérisation en agroalimentaire au Québec : l'entreprise Patates Dolbec

Un bel exemple de l'usage de l'interopérabilité entre le monde physique et le monde numérique est la numérisation et la robotisation d'une usine de récolte, de classement et d'emballage et de distribution de pommes de terre (voir youtu.be/7Yd4_kNtU_8). Lorsque les pommes de terre arrivent à l'usine Dolbec de Saint-Ubalde, elles sont entreposées en fonction du champ où elles ont été récoltées et, immédiatement, des caractéristiques leur sont associées comme la variété de pommes de terre, le personnel qui les a récoltées, la date et l'heure de leur récolte, etc., ce qui dès le départ génère de nombreuses données. De là, elles sont acheminées par des convoyeurs vers des machines à laver et par la suite confiées à un trieur optique afin d'en déterminer la forme, la taille, la couleur, les imperfections ou les maladies. Elles sont ensuite

déposées dans des bacs correspondants au tri effectué. Ces bacs sont pesés et envoyés dans un entrepôt frigorifique où ils sont entreposés durant quelques heures ou quelques jours, en attendant d'être préparées pour remplir les commandes des clients.

Depuis la numérisation de son usine, Patates Dolbec livre plus de pommes de terre qu'auparavant avec le même nombre de travailleurs, et l'entreprise est parvenue à réduire substantiellement ses délais de livraison. Elle peut ainsi offrir à ses clients des produits frais à longueur d'année.

Les commerçants peuvent commander directement par Internet la quantité et le type de pommes de terre qu'ils souhaitent acheter. Un exercice de planification s'en suit afin d'ordonner la mise en sac : des robots/navettes apportent les bacs de l'entrepôt frigorifique aux robots-emballeurs qui se chargent de mettre les pommes de terre dans des sacs portant la marque de la compagnie et la référence aux champs récoltés et aux autres données de traçabilité (par exemple, lot, date, heure, etc.). Les inventaires de l'entreprise sont consignés automatiquement et en temps réel dans un progiciel de gestion intégré (*Enterprise Resource Planning, ERP*).



Graphique 2 – La chaîne de traçabilité de Patates Dolbec : de la terre jusqu'aux étagères d'épicerie

À chaque étape de la récolte et de la production, du lavage au classement en passant par l'emballage et la livraison, l'ensemble des étapes du processus génère des données qui sont lues par des capteurs (*sensors*), par des identifiants RFID (*radio frequency identification*, une technologie de détection et d'identification automatique par radiofréquence), par des

« actuateurs », des images photographiques numériques et par diverses solutions logicielles et sans fil. De la terre à la table, tout est entièrement numérisé et automatisé ce qui permet une *gestion intelligente* de l'entreprise. Les machines, les systèmes et les produits échangent donc de l'information entre eux ainsi qu'avec l'extérieur via Internet. Depuis la numérisation de son usine, Patates Dolbec livre plus de pommes de terre qu'auparavant, avec plus de variétés, avec le même nombre de travailleurs, et l'entreprise est parvenue à réduire substantiellement ses délais de livraison. Elle peut ainsi offrir à ses clients des produits frais à longueur d'année.

L'expérience des commerçants et des consommateurs de pommes de terre s'en trouve grandement améliorée. Car grâce aux nombreuses données issues de la numérisation, la traçabilité du produit de la ferme à la table est complète et procure un niveau de transparence inégalé aux consommateurs. Par un simple code-barres, ils peuvent connaître l'origine exacte du produit qu'ils consomment. Qui plus est, le producteur exerce un contrôle complet de la qualité de son produit et peut, si nécessaire, faire un rappel d'un lot particulier de pommes de terre, car il sait qui a acheté quoi, quand et de quels lots les pommes de terre provenaient.

On pourrait citer de nombreux exemples d'entreprises agroalimentaires et manufacturières qui ont déjà intégré les technologies de traçabilité dans leur modèle d'affaires (Petrillo *et al.*, 2018 ; Poore *et al.*, 2018).

1.3 Les algorithmes d'apprentissage et l'industrie de l'intelligence artificielle et du numérique

Nous assistons à des progrès continus dans les technologies de l'information en ce qui a trait à la capacité de calcul des ordinateurs (*quantum computing*) et des infrastructures (informatique), tout comme dans le domaine des sciences physiques, chimiques et biologiques. Cependant, la véritable révolution vient de l'interaction de toutes ces découvertes multiples avec l'arrivée et la diffusion de l'intelligence artificielle et en particulier de l'apprentissage profond qui permet aux algorithmes de cartographier, de reconnaître ou d'identifier des tendances et des motifs en utilisant de larges ensembles de données. Ces « apprentis » sont maintenant capables de reconnaître et de percevoir de façon impressionnante des images et des sons parce qu'ils ont une plus grande capacité de mémoire et de calcul qui leur permet d'accomplir de nombreuses tâches tout en affichant des taux d'erreur beaucoup plus faibles que ceux enregistrés par des personnes humaines (Paredes, 2018 ; Sargeant, 2019). De tels algorithmes se sont en particulier déclinés dans le domaine médical, par exemple pour l'élaboration de diagnostic (Devarakonda et Tsou, 2014) et dans l'analyse d'imagerie (Pesapane *et al.*, 2018 ; Imagia, 2020). C'est grâce à

toutes ces techniques que l'industrie peut utiliser maintenant des véhicules autonomes et des robots de toutes sortes, interconnectés, et qui accomplissent de nombreuses tâches complexes dans des environnements changeants. Petrillo *et al.* (2018) expliquent bien que la capture de ces données permet de transposer les nombreux objets physiques tels des intrants, des robots ou des produits en symboles numériques qui sont alors mis en communication dans un réseau numérique où il est possible de faire des calculs, de mémoriser et de combiner pour *traduire ces mégadonnées en informations et en décision de gestion*. Ces auteurs identifient cinq niveaux de fonctionnalités des systèmes cyberphysiques que nous prenons la liberté d'illustrer en utilisant le cas des pommes de terre (*nota bene* : il s'agit d'exemplifier et non de présenter des faits vérifiés en usine). Voici donc ces cinq niveaux de fonctionnalités :

- Niveau 1 : **la connexion intelligente**. La capacité d'acquérir et de gérer des données en temps réel grâce aux capteurs intelligents qui les transfèrent au bon endroit dans le système grâce à des protocoles de communications spécifiques préétablis. Par exemple, les capteurs sur les bacs de pommes de terre émettent un signal lorsque le bac est plein de pommes de terre et que le système doit commander à un robot de transporter ce bac au bon endroit dans l'entrepôt, avant d'apporter un bac vide pour un autre remplissage.
- Niveau 2 : **la conversion des données en informations**. La capacité du système à agréger les données et de les convertir en informations à valeur ajoutée. Par exemple après avoir lavé et classé un certain nombre de pommes de terre, le robot qui lave les pommes de terre identifie qu'un nombre anormalement élevé de pommes de terre sont très petites.
- Niveau 3 : **le jumelage numérique**. La capacité de représenter une réalité bien réelle dans le monde numérique. Par exemple, le même système ajoute que ce niveau très élevé de petites pommes de terre est incompatible avec un niveau d'inventaires déjà très élevés de petites pommes de terre dans l'entrepôt.
- Niveau 4 : **la cognition**. La capacité d'identifier plusieurs scénarios et d'appuyer un processus de décision. Par exemple, le système, en utilisant les données sur les livraisons récentes auprès des différents clients et les données de production et d'emballage, établit des scénarios sur l'évolution future des inventaires et les conséquences sur le prix de revient et les pertes possibles dues à ce niveau anormalement élevé de petites pommes de terre.
- Niveau 5 : **la configuration**. Le système est capable de commenter la réalité tout en utilisant les données numériques et virtuelles et de proposer des mesures correctives. Par exemple, le système propose, en tenant compte des données météorologiques de la saison en cours en comparaison des années antérieures, une révision du classement des

champs de pommes de terre en fonction des données récentes qui indiquent une récolte de pommes de terre plus petites qu'auparavant ; le système propose également une révision de la planification de la récolte de pommes de terre dans les champs en fonction des inventaires et des ventes. Le système, après avoir testé la précision du robot qui lave et classe les pommes de terre, indique qu'aucune déféctuosité de classement n'a été détectée. Enfin, le système propose également un programme de réduction de prix des petites pommes de terre pour rétablir les inventaires au niveau optimal et il fournit une analyse des implications financières du programme de réduction de prix proposé. Le système ajoute enfin une proposition concrète établissant la liste des clients à qui cette proposition de réduction de prix devrait être faite en tenant compte des objectifs de développement de nouveaux marchés et de fidélisation des clients les plus profitables.

En clair, les sociétés modernes ne sont qu'au début d'une nouvelle ère de découvertes et d'applications qui provoqueront l'apparition de bénéfices et de défis dans tous les domaines tels l'agriculture et l'alimentation, le transport terrestre et aérien, l'éducation, la finance, les soins de santé et de la médecine, du commerce, de l'énergie, de la logistique, de la robotique, sans parler des problèmes d'éthique, de morale ou de gouvernance que ces nouveautés ne manquent pas de soulever. Les applications sont également nombreuses, car elles vont de la reconnaissance des caractères, de la parole, des figures humaines, à la manipulation et le classement de photographie ou d'images de toutes sortes, en passant par la capacité de diagnostiquer une maladie, une situation, un problème, etc.

[...] les sociétés modernes ne sont qu'au début d'une nouvelle ère de découvertes et d'applications qui provoqueront un véritable tsunami de bénéfices et de défis dans tous les domaines tels l'agriculture et l'alimentation [...]

1.4 Les fournisseurs du monde numérique

Tout un monde de fabricants et de fournisseurs est en pleine effervescence pour mieux se positionner sur ces marchés de l'intelligence artificielle et du traitement des données. En plus des pays et des nombreux clients, Greenman identifie six types d'intervenants structurant cette architecture de fournisseurs du monde numérique (Greenman, 2018) :

1. Les **très grandes entreprises de tous les secteurs industriels et de services** ; on pense ici aux grandes institutions financières, aux grands groupes manufacturiers (aéronautique, automobile), aux fabricants des équipements agricoles qui jouent un rôle primordial dans

l'agriculture de précision et aux grandes entreprises de logistique et de services ; chacun de ces grands joueurs est à la fois un centre d'excellence en numérisation et en intelligence artificielle pour combler ses propres besoins, mais aussi très souvent en partenariat avec les autres intervenants pour vendre à d'autres dans leur industrie leurs solutions et leurs applications.

2. Les **fournisseurs de solutions numériques et utilisant l'intelligence artificielle, spécifique à certaines industries**, par exemple les soins de santé, le secteur agroalimentaire, l'éducation, les transports, les services juridiques, la finance, etc. On les appelle les fournisseurs verticaux parce qu'ils sont spécialisés par industrie.
3. Les **fournisseurs qui offrent des solutions aux entreprises tous secteurs confondus** ; on retrouve dans cette catégorie les spécialistes des applications pour la gestion des clients ou de la gestion des ressources humaines, des applications de cybersécurité, ou encore de l'outillage spécialisé (à titre d'exemples, les outils de mesure de distanciation sociale ou des applications et logiciels dédiés à la notification d'exposition et la protection des employés dans le cadre de la pandémie de COVID-19 (voir « Kencee u2 » par Noovelia, kenceertls.com), etc.) On les appelle les horizontaux parce qu'ils sont spécialisés sur les fonctions de l'entreprise, quel que soit le secteur.
4. Les **fournisseurs de modèles et d'algorithmes** qui se spécialisent dans le développement des fonctionnalités telles la reconnaissance faciale, la vision, la reconnaissance vocale, la sémantique, etc. Ils sont au cœur de la recherche et du développement de l'intelligence artificielle et des mégadonnées. On y retrouve en général plus de scientifiques et de chercheurs que chez les autres intervenants.
5. Les **fournisseurs des plateformes et des infrastructures** qui offrent à tous ces intervenants les services d'infonuagique, de calcul et de traitements de données de toutes sortes.
6. Les **fournisseurs de puces intelligences** et autres composants essentiels au développement du numérique et des systèmes automatisés reposants sur l'intelligence artificielle et les algorithmes.

On retrouvera dans le secteur agroalimentaire des représentants de chacune de ces catégories de fournisseurs, de même que des regroupements de fournisseurs de plusieurs catégories puisque la complexité et les coûts de développement et de mise en marché des produits et des services poussent des concurrents à coopérer en créant des plateformes de collaboration qui peuvent être ouvertes et basées sur des logiciels libres (voir l'initiative lancée par YARA ET IBM à Davos en janvier 2020).

1.5 L'impact du numérique et de l'intelligence artificielle sur la productivité

L'impact de la numérisation de l'économie et de l'intelligence artificielle sur la productivité du travail est potentiellement très grand. Plusieurs travaux ont été réalisés sur ce grand sujet incluant celui de Purdy *et al.* (2016), celui de la Fédération Internationale de Robotique (2017), celui de l'Union Internationale des Télécommunications (2018), celui de West *et al.* de Brookings (2018), et celui de Chui *et al.* (2018).

Tous ces rapports sont assez convaincants et s'entendent sur le fait que l'intelligence artificielle n'est pas simplement une autre technologie comme l'Internet des objets ou l'infonuagique, mais bien une constellation de technologies ; ces nouveaux apprentis intelligents augmentent et dépassent même les capacités humaines puisqu'ils sont en mesure de capter, de comprendre, d'apprendre, d'analyser, de décider et d'agir. Les recherches du groupe Accenture (Purdy *et al.*, 2016) ont permis d'identifier trois façons par lesquelles l'intelligence artificielle augmente la productivité du travail. Elles sont :

- **L'automatisation intelligente** qui crée de fait une force de travail virtuelle venant se substituer en partie au travail humain, mais agit aussi en complément à son travail ; il suffit de visiter des usines qui utilisent des robots intelligents ou encore de visiter un centre d'appels faisant usage des algorithmes intelligents pour constater le gain de productivité que procure cette force de travail virtuelle (International Federation of Robotics, 2017; Atkinson, 2019).
- **L'augmentation du travail et du capital humain** : c'est le cas où l'intelligence artificielle vient augmenter l'intelligence humaine, par exemple, pour le diagnostic des maladies chez les humains comme chez les animaux, où les systèmes basés sur l'apprentissage profond peuvent en une fraction de seconde faire usage des millions de données qui leur ont été fournies, et ainsi identifier la maladie du patient ; le même genre d'intelligence augmentée se manifeste dans l'industrie de l'assurance, de la gestion des infrastructures énergétiques et plusieurs autres domaines.
- La **diffusion des innovations**. L'intelligence artificielle n'est pas un secteur, ni une industrie ni une technologie, mais bien un phénomène horizontal qui modifie toutes les activités humaines ; pensons à l'impact qu'aura l'utilisation répandue des véhicules autonomes en transports, mais aussi dans les champs et les usines agroalimentaires.

Aujourd'hui, les automobiles ne sont en déplacement que 4 % du temps et sont par conséquent immobilisées 96 % du temps (Bates et Leibling, 2012 ; Barter, 2013) ; ce capital est proprement figé et n'est pas en usage. En fait, on parle de plus en plus pour les grands centres urbains de la

mobilité comme un service où un grand nombre de véhicules autonomes, électriques, interconnectés et réseautés seraient réunis en une seule plateforme mise au service des usagers qui paieront selon l'utilisation qu'ils feront en tenant compte de la durée, du moment de la journée et de leur assiduité. Le même phénomène de partage des robots et des équipements dans les champs et entre les fermes commence déjà à apparaître : c'est le *Farming as a service* (Bain & Company, 2018) qui transforme les coûts d'acquisition de capital par chaque fermier en un coût de location du service ; ce concept existe déjà, mais les plateformes numériques permettent le partage de façon plus optimale et personnalisée, car les données de chaque ferme sont protégées et valorisées.

[...] les économies [...] qui ne s'adapteront pas à cette nouvelle révolution technologique et scientifique et qui n'adopteront pas ces nouvelles technologies seront clairement beaucoup moins compétitives et pourront très difficilement créer de la richesse [...]

Accenture (2019) va même jusqu'à prédire que l'intelligence artificielle provoquera une augmentation de 35 % de la productivité aux États-Unis d'ici 2035 ! Si de telles prévisions peuvent soulever des doutes quant à la taille des gains de productivité de travail à venir, les études de très nombreuses institutions comme celle de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE, 2019), des agences gouvernementales, des laboratoires d'idée (*think tanks*) (à l'instar de Noël, 2018), des consultants (Frontier, 2018) et d'académiciens (Acemoglu, 2019 ; Frank *et al.*, 2019 ; Korinek, 2019) sur l'impact de l'intelligence artificielle sur le travail et la répartition des revenus soulignent l'existence d'un phénomène à très grande échelle et profondément disruptif ayant déjà commencé à se manifester. Ces études identifient les secteurs et les emplois menacés tout comme les secteurs gagnants et nouveaux emplois potentiels. Elles identifient également les politiques publiques qui doivent être mises en place pour amoindrir les effets négatifs de cette révolution numérique, et catalyser les effets positifs. Le constat est que les économies (et les acteurs, les agents de ces économies) qui ne s'adapteront pas à cette nouvelle révolution technologique et scientifique, et qui n'adopteront pas ces nouvelles technologies seront clairement beaucoup moins compétitives. Elles pourront très difficilement créer de la richesse, ce qui limitera par ailleurs les moyens de leur gouvernement pour soutenir ceux et celles que ce grand bouleversement frappera de façon très négative. Ce point de vue est par ailleurs un des faits saillants de la table sectorielle des stratégies économiques du Canada en agroalimentaire, tenue à l'initiative du ministère de l'Innovation, Sciences et Développement

économique, qui souligne l'impératif « [d'] investir dans l'innovation et renforcer la compétitivité par l'automatisation et la numérisation accrue » (Gouvernement du Canada, 2018).

1.6 La transition numérique comme levier de la transition écologique responsable

La numérisation des activités commerciales, industrielles et agroalimentaires rend les opérations et les processus plus efficaces et offre des gains de productivité importants. Le monde numérique et celui de l'intelligence artificielle vont s'imposer tout comme les trois premières révolutions ont fini par transformer radicalement les économies et les sociétés. La caractéristique fondamentale de cette quatrième révolution découle du fait que toute opération de numérisation, accompagnée ou non de l'utilisation de l'intelligence artificielle, donne lieu à la production de données à toutes les étapes des processus de création, de conception, de décision, de fabrication, d'achat, de distribution à l'intérieur de l'entreprise tout comme entre l'entreprise et ses clients et entre l'entreprise et ses fournisseurs ; alors, tout peut être identifié, mesuré et communiqué. Le « data » est par essence de l'or pour la gestion et l'optimisation des activités de toutes les industries et, par son existence même, il réduit les coûts d'information et procure un niveau de transparence jamais égalé dans l'économie et la société.

Les chaînes d'approvisionnement d'une industrie numérisée deviennent transparentes, car la traçabilité de l'empreinte écologique de chaque étape du processus de production est identifiée par les données que génère la numérisation. C'est ici que se fait le lien entre la transition numérique et la transition écologique.

Dans un monde numérique, l'accès et l'échange d'informations et de données entre les agents économiques d'une usine, d'une entreprise et même d'une industrie, sont donc radicalement modifiés. En effet, les membres d'un conseil d'administration tout comme les régulateurs d'une industrie sont désormais en mesure de demander et d'obtenir un niveau de granularité de l'information beaucoup plus poussé eu égard aux données, aux informations et aux traces de vérification. Ce nouveau contexte de transparence facilite l'identification et la mesure des externalités positives et négatives que génère l'activité économique. Les chaînes d'approvisionnement d'une industrie numérisée deviennent transparentes, car la traçabilité de l'empreinte écologique de chaque étape du processus de production est implémentée par les données que génère la numérisation. C'est ici que se fait le lien entre la transition numérique et la transition écologique (Poore *et al.*, 2018 ; Brady *et al.*, 2019 ; Kaan *et al.*, 2017).

Même si cette information est privée, les régulateurs et les gouvernements en général peuvent, par législation ou par d'autres moyens, exiger d'y avoir accès. C'est dire que les préoccupations du public (qui poussera aussi pour obtenir ces données) et des gouvernements quant à l'impact des activités industrielles, agricoles et commerciales sur l'environnement, le climat, la santé publique, le bruit et la beauté du paysage seront davantage prises en compte dans un monde numérisé puisque ces informations existeront et seront disponibles.

Ce degré accru de transparence peut induire une attitude défensive de la part de l'entreprise, mais à l'opposé peut aussi l'inciter à rechercher une solution gagnant-gagnant pour le privé et le public et donc y trouver son propre intérêt. En effet dans un monde de partage de l'information, l'approche réglementaire à privilégier sera plutôt l'adoption d'un programme conjoint de gestion des risques et de prévention pour réduire les externalités négatives et favoriser les externalités positives. Il s'agit alors d'évoluer vers le concept de régulation intelligente (*smart regulation*, voir Eisen, 2013 ; Zetzsche *et al.*, 2018 ; Saiz-Rubio *et al.*, 2020).

2 De l'agriculture de précision à l'agroalimentaire numérique

2.1 La demande et l'offre du numérique en agroalimentaire

La demande pour une révolution numérique sera donc forte et urgente parce que ces technologies peuvent aider les sociétés à relever ces nombreux défis [...].

Cette grande révolution numérique va également s'imposer dans le monde de l'agriculture et de l'alimentation, non pas d'abord pour réduire les coûts, augmenter les bénéfices ou rendre les terres plus fertiles, mais bien parce que les

technologies qu'elle offre deviennent tous les jours et dans tous les pays des éléments de solution aux problèmes et aux défis de la planète et de ses populations. Dans 25 ans, selon les Nations Unies (2019) la Terre comptera plus de 10 milliards d'habitants, avec une part de population urbaine toujours plus importante. Si cette augmentation du nombre de consommateurs se traduit mathématiquement par une augmentation de la demande en protéines, il est salutaire que ce besoin soit comblé par une diète plus diversifiée comprenant davantage de végétaux cultivés selon les normes biologiques, moins de sucre, moins de lactose et moins de glucides. Et cette demande croissante et diversifiée devra être satisfaite alors que la superficie mondiale des terres arables ne connaît pas de croissance (Millman, 2015 ; Benke et Tomkins, 2017 ; Gerbet, 2018 ; Banque Mondiale, 2020), que la jeunesse s'intéresse de moins en moins aux métiers de l'agriculture (Fédération de la relève agricole du Québec, 2011 ; Radio-Canada, 2017 ; British Broadcasting Corporation, 2019 ; Rigg *et al.*, 2020 ; Royer *et al.*, 2020), que pour de multiples causes la fertilité des sols est en déclin (Vanlauwe *et al.*, 2015 ; Wood *et al.*, 2017) et que l'eau potable se raréfie (Fonds mondial pour la nature - Canada, 2009 ; Leflaive *et al.*, 2012). Par ailleurs, ces problématiques s'inscrivent dans un contexte de crise environnementale, puisque partout autour du monde les conséquences du réchauffement climatique multiplient la fréquence et l'amplitude de désastres naturels. Ce sont toutes les activités humaines qui vont subir ces impacts ; parmi elles, la production agroalimentaire contribue très fortement aux émissions de gaz à effets de serre et souffre d'ores et déjà grandement des bouleversements écologiques (Kaiser *et al.*, 1993 ; Bélanger et Bootsma, 2016 ; Mahdu, 2019 ; Praveen et Sharma, 2019 ; Alvi *et al.*, 2020).

La demande pour une révolution numérique sera donc forte et urgente parce que ces technologies peuvent aider les sociétés à relever ces nombreux défis, et en particulier parce qu'elles peuvent contribuer à :

- l'approvisionnement alimentaire des populations;
- la sécurité et à la traçabilité des aliments;
- faciliter la transition écologique du secteur agroalimentaire;
- rendre l'industrie plus efficace, plus résiliente et efficiente aux bénéfices de tous.

Tous les types d'intervenants de l'industrie du numérique que nous avons identifiés dans la section précédente (1.4) sont donc naturellement présents dans l'agroalimentaire numérique, et sont d'importants acteurs de son développement. Nous les retrouverons autour des trois grands thèmes d'intervention suivant :

1. **L'agriculture de précision** et **l'agronomie numérique** par qui les multiples données sont récoltées puis transformées en information valorisée et en décisions de gestion;
2. **L'optimisation des chaînes d'approvisionnement** qui vise à rendre tous les processus de production, de transformation et de distribution de la ferme à la table plus efficaces et plus robustes;
3. Les systèmes supportant une **alimentation durable** par lesquels les dimensions environnementales et écologiques sont captées et analysées.

Ces trois thèmes sont développés dans les pages qui suivent.

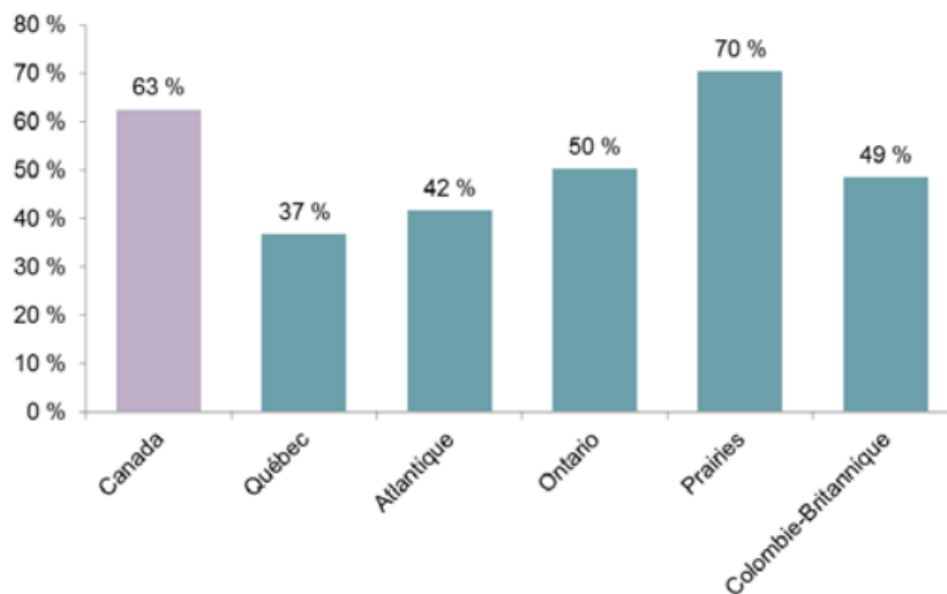
2.2 Description des technologies

2.2.1 L'agriculture de précision

L'agriculture de précision qui consiste à adopter la bonne pratique de culture sur le bon sol au bon moment et avec la bonne intensité.

Les premiers exercices d'échantillonnage des caractéristiques des sols agricoles remontent à la fin des années 1920, et il faudra attendre 1963 pour que Matheron, un scientifique canadien, propose des méthodes de géostatistique pour mesurer la variabilité de la qualité des sols. Pendant plus de trente ans, les débats entre experts ont porté sur les différentes méthodes d'échantillonnage jusqu'à ce que les technologies utilisant le laser et les satellites viennent créer un véritable changement de paradigme (voir la publication de Zhang et Auernhammer, 2016). La première conférence internationale sur l'agriculture de précision a eu lieu au Minnesota en 1992, soit deux ans avant que le Gouvernement américain ne donne son aval à l'utilisation légale à des fins civiles de sa technologie militaire de géolocalisation et navigation par un système de

satellites (le GPS, *Global Positioning System*). Le premier réseau de satellites a été lancé en 1994. Très rapidement, plusieurs équipementiers agricoles ont offert aux agriculteurs des services de géolocalisation d’abord peu performants, mais qui ont bénéficié de nombreuses itérations et améliorations technologiques venant les perfectionner. Aujourd’hui même si le taux d’adoption et d’utilisation de ces technologies dépend de chaque pays, de la filière agricole, et de la taille de l’exploitation, ces systèmes ont été grandement optimisés et peuvent équiper tout l’éventail de la machinerie agricole ; alors devenue de la machinerie de précision. À noter que les deux principaux facteurs d’adoption du GPS sont la taille et le revenu de l’exploitation (Bélangier et Bouroubi, 2015 ; Royer *et al.*, 2020). C’est notamment pour ces raisons que les fermes québécoises restent peu équipées : tous secteurs confondus, en 2016, 16 % d’entre elles ont adopté le GPS (Boudreau, 2018).



Graphique 3 - Proportion des fermes de grains et d’oléagineux utilisant la technologie du GPS (Boudreau, 2018)

Khosla et Mulla (2017) ont répertorié les multiples innovations qui ont marqué le développement de l’agriculture de précision qui consiste à *adopter la bonne pratique de culture sur le bon sol au bon moment et avec la bonne intensité*. En plus du rôle de l’échantillonnage des sols et de la géolocalisation, ces auteurs ont reconnu l’importance de plusieurs innovations telles que la culture selon le sol (*farming by soil*), les fertilisants à intensité variable, les herbicides à taux

variables, l'irrigation modulée, la télédétection, la navigation autonome des tracteurs et des équipements agricoles, la robotique agricole et la détection de proximité (les drones) utilisées par les fournisseurs afin d'optimiser les équipements pour les semences, la pulvérisation et la récolte. De nombreuses démonstrations de cette agriculture de précision sont mises en avant dans des vidéos explicatives, par exemple les semoirs de précision conçus par l'équipementier par John Deere (voir [https : //youtu.be/sYzyKkNZWs](https://youtu.be/sYzyKkNZWs)).

Khosla et Mulla (2017) concluent leur histoire de l'agriculture de précision en avançant que ce sont surtout les innovations technologiques qui ont été marquantes depuis le début et non les innovations dans l'analyse des informations et les systèmes d'aide à la gestion et à la décision. Ce sont d'abord les ajouts technologiques aux équipements de travail des agriculteurs qui sont à retenir, puisque ces systèmes d'analyse et de décision ne sont pas incorporés à la routine agricole, mais sont plutôt utilisés par les distributeurs des semences et de fertilisants, par les consultants et par les équipementiers de l'industrie. Khosla et Mulla continuent de prévoir un usage croissant des technologies numériques et robotiques dans les équipements servant aux semences, à la pulvérisation et aux récoltes.

Cette vision dichotomique entre les agriculteurs-usagers des équipements intelligents et les professionnels-usagers des données produites par ces équipements intelligents date de 2017. Bien qu'étant une fondation des développements technologiques du secteur, l'agriculture de précision ne se révèle être qu'une composante du concept plus vaste d'agriculture numérique; ce dernier inclut non seulement la ferme, le producteur, ses outils et ses machines, mais englobe aussi tous les autres acteurs et forme un écosystème complexe.

La numérisation peut également améliorer les conditions de travail des agriculteurs et réduire les impacts environnementaux de l'agriculture.

2.2.2 L'agriculture numérique

Tandis que la révolution numérique manufacturière aurait été ainsi nommée en 2013, la publication d'écrits touchant la numérisation des industries, du monde agricole et de l'alimentation a commencé dès la fin des années 1980 pour s'accélérer à partir de 2016. Si la littérature concernant le secteur agroalimentaire est apparue plus tardivement que les publications touchant le secteur manufacturier, les trois termes clefs les plus utilisés dans ces études étaient la durabilité, la robotique et l'Internet des objets (voir Demartini *et al.*, 2018). C'est

très récemment, en 2018, que les concepts de l'agriculture numérique, d'agronomie numérique et de numérisation du secteur agroalimentaire sont apparus avec force dans les publications scientifiques, les politiques publiques, et les médias traditionnels et les médias sociaux. En avril 2019, la Communauté européenne a fait paraître sa déclaration de coopération sur l'agriculture numérique : *A smart and sustainable digital future for European agriculture and rural areas* (EU, 2019). Cette déclaration établissait clairement les liens entre le numérique et la transition écologique du secteur agroalimentaire. Le document énumère les bénéfices et les obstacles à la numérisation du secteur et propose des engagements des pays membres pour renforcer la recherche dans le domaine, établir des infrastructures favorables aux innovations, créer un espace pour les données européennes afin de nourrir des applications intelligentes au service du secteur agroalimentaire tout en maximisant les impacts de ces politiques. Dans une publication subséquente, *Façonner l'évolution/la révolution numérique agricole* (EU, 2020), la Commission est encore plus claire. Nous nous permettons de reproduire ces quelques paragraphes de cette brochure qui sont très convaincants :

Soutenir une Europe rurale numérisée et fondée sur les données

Les technologies numériques peuvent aider les agriculteurs européens à fournir des aliments sûrs, durables et de qualité. Non seulement elles permettent aux agriculteurs de « produire plus avec moins », mais elles peuvent également contribuer à la lutte contre le changement climatique. Les technologies, nouvelles ou existantes, telles que l'Internet des objets (IdO), l'intelligence artificielle, la robotique et les mégadonnées peuvent contribuer à rendre les processus plus efficaces et à créer de nouveaux produits et services.

La numérisation peut également jouer un rôle dans l'amélioration de la vie dans les zones rurales d'Europe, comme cela a été souligné dans la déclaration de Cork 2.0, selon laquelle l'utilisation des technologies numériques sera de plus en plus vitale pour les agriculteurs et d'autres entreprises rurales pour leur permettre de trouver des solutions durables aux défis actuels et futurs.

La Commission européenne (CE) a pour objectif de digitaliser les activités du secteur agricole et des zones rurales d'Europe et de les fonder sur ces données numériques. Dans le cadre de la stratégie pour un marché unique numérique, la communication intitulée « Passage au numérique des entreprises européennes » définit son objectif : garantir que « chaque entreprise en Europe, quel que soit son secteur d'activité, où qu'elle soit située et quelle que soit sa taille, puisse tirer pleinement profit des innovations numériques pour améliorer ses produits, améliorer ses procédés et adapter ses modèles économiques selon les évolutions numériques. »[...]«

Numérisation en faveur de la durabilité et de la productivité agricoles

Aujourd'hui, de nombreux agriculteurs ont déjà recours aux technologies numériques telles que les smartphones, les tablettes, les capteurs in situ, les drones et les satellites. Ces technologies offrent un ensemble de solutions agricoles telles que la mesure à distance des conditions du sol, une meilleure gestion des eaux, et le suivi des cultures et des animaux d'élevage. En analysant les données recueillies, les

agriculteurs peuvent mieux anticiper l'évolution probable en termes de schémas de culture ou de bien-être et de santé des animaux. Cela leur permet de s'organiser plus efficacement et d'être plus efficaces.

Les avantages potentiels liés à l'utilisation de technologies numériques peuvent inclure un meilleur rendement des cultures et des performances accrues pour les animaux, l'optimisation des intrants et la réduction de la charge de travail, autant d'aspects permettant d'augmenter la rentabilité. La numérisation peut également améliorer les conditions de travail des agriculteurs et réduire les impacts environnementaux de l'agriculture.

Un autre avantage concerne les flux de données agricoles. L'amélioration des flux d'informations en amont et en aval des chaînes agroalimentaires pourrait donner lieu à de nombreux avantages pour les personnes concernées, y compris les agriculteurs et les acteurs de la distribution et du commerce de détail. Tous les consommateurs, chercheurs, pouvoirs publics et ONG reconnaissent les avantages liés à une transparence accrue. [...]

Encourager l'utilisation des technologies numériques

Les technologies numériques sont facilement accessibles, mais les agriculteurs ne les utilisent pas toutes de la même façon en Europe. Cette situation s'explique peut-être par le fait que de nombreuses technologies nécessitent un investissement initial et, dans certains cas, peu de tests sont réalisés dans des conditions réelles et des lieux géographiques spécifiques. En outre, ces solutions numériques sont souvent considérées comme complexes, ce qui peut décourager leur adoption. [...]

L'introduction et l'utilisation de technologies nécessitent de nouvelles compétences et connaissances pour les agriculteurs et les conseillers. La sensibilisation et l'organisation de formations à l'échelle régionale/locale sont essentielles, en particulier pour toucher les petites et moyennes exploitations, dans lesquelles l'utilisation de technologies numériques n'est pas toujours perçue comme rentable.

Le développement d'outils d'analyse de données spécifiques, axés particulièrement sur le rapport coût-efficacité, peut permettre aux conseillers agricoles de jouer un rôle essentiel dans l'information des agriculteurs sur les technologies numériques.

Ce virage *écologico numérique* de l'Europe a eu ses effets en motivant chercheurs et intervenants de l'industrie à creuser davantage ces liens entre la ferme numérique, le secteur agroalimentaire numérique et la transition écologique. L'impact s'est fait sentir même en Amérique comme en témoigne la publication de Basso et Antle (2020) ayant pour titre *Digital Agriculture to Design Sustainable Agricultural Systems* et qui se veut un véritable plaidoyer en faveur d'une agriculture numérique qui dépasse les préoccupations à court terme de rentabilité de l'agriculture de précision, et qui la repositionne au service du développement durable du secteur agroalimentaire. Dans la semaine qui a suivi cette publication dans *Nature Sustainability*, la revue *Forbes* reprenait l'essentiel de l'argumentaire des deux auteurs (Kite-Powell, *Forbes*, 2020).

Un groupe de chercheurs italiens (Bacco *et al.*, 2019) a produit un excellent survol des activités de numérisation de l'agriculture et de la ferme intelligente. Ce document est une lecture indispensable pour qui veut apprécier les bénéfices et les obstacles à la numérisation du secteur agricole, car il fournit un recensement des projets en cours en particulier en Europe, mais aussi un survol des activités de recherches, des modèles de transferts technologiques et des méthodes expérimentées pour rendre ces technologies plus faciles à adopter par les intervenants de l'industrie.

En fait, l'Europe est un laboratoire expérimental pour l'agriculture numérique, et le Québec pourrait s'en inspirer tant en matière de politiques publiques mises en place et de technologies déployées, que du point de vue des modèles d'affaires et des outils d'implantation et de transfert.

Une des caractéristiques du secteur agroalimentaire est le lien entre sa transition écologique et sa révolution numérique; ce lien est renforcé par les modèles d'architecture numérique déjà testés comme la technologie de la chaîne de blocs (*blockchain*) qui favorise la transparence et facilite la confiance entre les intervenants de l'industrie. Voyons de plus près.

2.3 Retombées et impacts des technologies numériques sur les filières agroalimentaires

2.3.1 L'optimisation des chaînes d'approvisionnement

Au cours des 5 années qui ont précédé l'éclatement de la COVID-19, les dépenses en alimentation des consommateurs nord-américains ont enregistré une croissance annuelle nominale de 4 % (Felix *et al.*, 2020) ; et elles se partageaient à peu près également entre les achats en magasins (épiceries ou supermarchés) et les achats dans les restaurants, les hôtels, les hôpitaux et les écoles. Au Québec, avant la crise du COVID-19 cette proportion n'est pas encore atteinte puisque près de 65 % de la demande alimentaire concerne le commerce de détail contre 35 % pour les services alimentaires (MAPAQ, 2019).

Puis soudainement, les « effets secondaires » du coronavirus ont radicalement modifié cette proportion. Selon McKinsey (Felix *et al.* 2020), au cours du mois de mars 2020 les achats dans les magasins ont grimpé de 29 % alors que ceux dans les entreprises de services alimentaires ont chuté de 27 %, provoquant ainsi de nombreuses répercussions en cascades tout le long des chaînes d'approvisionnement : de nombreuses annulations d'un côté et une avalanche de nouvelles commandes de l'autre avec comme résultats attendus des stocks en hausse d'un côté et des ruptures en approvisionnement de l'autre. Tous les intervenants des chaînes

d'approvisionnement alimentaire ont été frappés et, fort heureusement, hormis des épiphénomènes et des enjeux ponctuels (Felix *et al.*, 2020 ; OCDE, 2020), les consommateurs ont été capables de satisfaire leur demande d'aliments tout au long de la crise sanitaire.

Ce choc sanitaire et économique qui n'est pas encore résorbé nous force à constater que non seulement le secteur des services alimentaires a été lourdement frappé, mais tous les intervenants ont réalisé l'importance primordiale de pouvoir compter sur des chaînes d'approvisionnement robustes et efficaces.

En fait, la crise de la COVID-19 accentue les problématiques des chaînes d'approvisionnement qui étaient déjà connues des producteurs, des grossistes, des détaillants, des restaurateurs et des hôteliers; le haut degré de complexité de la chaîne agroalimentaire entraîne un écart grandissant entre la demande pour une information détaillée, vérifiable et de qualité de la part des consommateurs et la capacité des producteurs, des transformateurs et des distributeurs de fournir ces informations simplement, de façon instantanée et à faible coût. Le Baromètre CIRANO 2018 (de Marcellis-Warin et Peignier, 2018) met en lumière la perspective du consommateur, leurs perceptions et leurs attentes en matière de commerce et de commerce en ligne ; notamment, les Québécois ne trouvent pas toute l'information dont ils ont besoin sur les produits lorsqu'ils font leurs achats en ligne (40 % manquent d'information quand ils font leur épicerie sur Internet, tandis que seulement 17 % des clients manquent d'information lorsqu'ils sont en magasin). Dans un cas comme dans l'autre, ce manque d'information pourrait être comblé avec des technologies faisant usage du code QR.

Pour comprendre le fonctionnement de ces technologies, prenons l'exemple d'une transaction immobilière. Lorsqu'une maison est vendue, la transaction est inscrite au bureau d'enregistrement qui confirme qu'elle a bel et bien eu lieu, à quel prix, et quelles étaient les parties prenantes.

Dans la très grande majorité des filières agroalimentaires, les informations de conformité à la réglementation gouvernementale ou aux procédures exigées par les clients sont encore enregistrées sur papier ou dans des bases de données centralisées [...]

Avant d'être conclue, cette transaction a été examinée par un notaire qui a vérifié dans d'autres registres la validité du cadastre, le nom du propriétaire de la maison, etc.; la banque a elle aussi vérifié dans ses registres et d'autres dossiers de crédit la solvabilité de l'acheteur avant de lui consentir un prêt. Des registres, il en existe de multiples et chacun d'eux a pour fonction de

certifier la véracité des informations qu'il contient afin que les transactions puissent se faire en toute confiance. La même transaction immobilière effectuée par la technologie de chaîne de blocs s'effectuerait instantanément sur un seul registre partagé par tous les agents impliqués dans la transaction. La véracité de ce registre serait garantie par sa transparence, car il serait totalement accessible et vérifiable par tous ceux qui le partagent et ne pourrait être modifié sans le consentement de chacun des intervenants.

La technologie de la chaîne de blocs s'est fait connaître par le Bitcoin et occupe depuis une place croissante dans les secteurs financiers et industriels, mais elle attire aussi de plus en plus l'intérêt des gouvernements (Moné, 2019; Owens, 2017). Plusieurs de ces initiatives gouvernementales concernent des domaines comme la monnaie et les systèmes de paiements, l'enregistrement des transactions immobilières, les systèmes de santé publique, la gestion des identités, etc. Le Gouvernement du Québec a d'ailleurs annoncé le projet de doter les Québécois d'une identité numérique qui utilisera la technologie de la chaîne de blocs.

Ces exigences [de sécurité, de durabilité] des consommateurs ont été amplifiées par cette crise sanitaire et cela autant sur le marché domestique que sur les marchés internationaux.

Dans la très grande majorité des filières agroalimentaires, les informations de conformité à la réglementation gouvernementale ou aux procédures exigées par les clients sont encore enregistrées sur papier ou

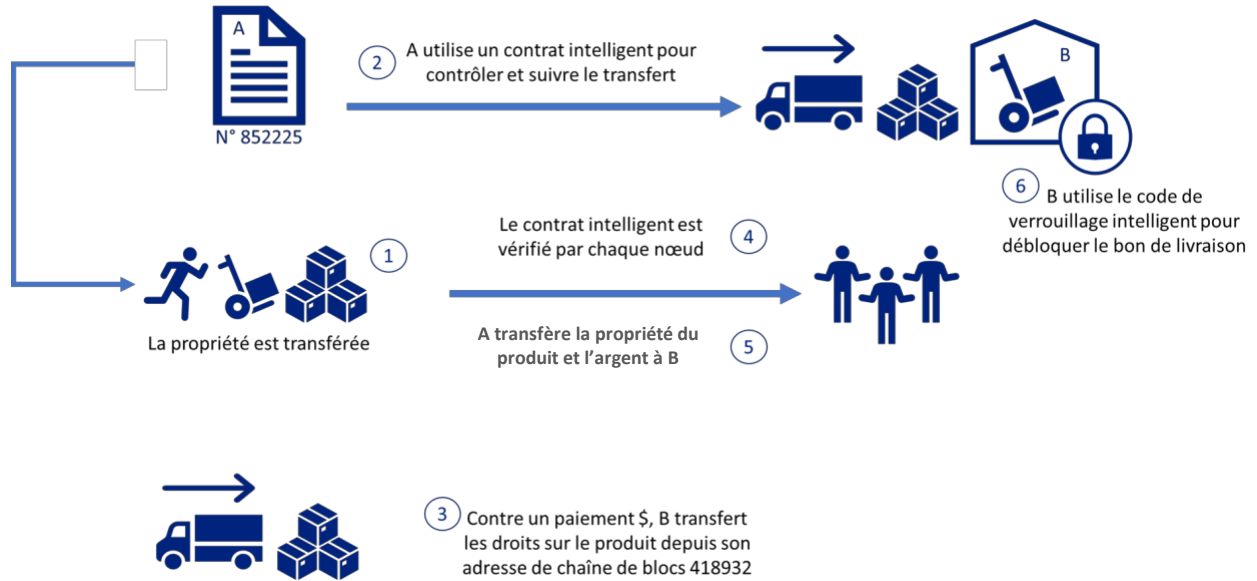
dans des bases de données centralisées; ceci entraîne de très nombreux problèmes. Les coûts de manipulation de ces informations sont élevés, ces processus manuels sont inefficaces et permettent la fraude, la corruption, les erreurs, ce qui empêche ou ralentit par conséquent la validation (Badia-Leis *et al.*, 2015 ; Charlebois *et al.*, 2016 ; Dandage *et al.*, 2017 ; Tian, 2017 ; Tibola *et al.*, 2018 ; Soon *et al.*, 2019). Il devient alors coûteux de produire des certificats attestant l'origine des produits ou des ingrédients ayant été utilisés; de tels processus manuels sont également associés aux pertes de données et au manque de suivi des transactions de paiement. Dans un tel contexte, il est impossible de répondre à la demande des consommateurs et des grossistes en matière de sécurité alimentaire (accessibilité et disponibilité), de qualité alimentaire (consommable et de santé), de durabilité alimentaire (empreinte écologique), d'origine (contenu local des produits) et d'offrir une garantie crédible des approvisionnements de façon efficiente et résiliente.

Ces exigences des consommateurs ont été amplifiées par cette crise sanitaire et cela autant sur le marché domestique que sur les marchés internationaux. Plus clairement encore, même si tous les agriculteurs du Québec devenaient des champions de l'agriculture de précision, à défaut d'être inclus dans des chaînes d'approvisionnement intelligentes, ils seront déclassés par les compétiteurs étrangers tant sur les marchés internationaux que sur leur propre marché domestique. Ce constat de la mise en place de chaînes d'approvisionnement intelligentes est maintenant généralisé, et le but est de construire des processus de gestion des chaînes d'approvisionnement qui sont transparents, vérifiables et résilients. L'agriculture moderne repose donc sur la mise en place de systèmes de production et de partage des données qui, tout en protégeant la vie privée et les informations confidentielles de chaque partie prenante du secteur, répondent aux exigences d'information des clients en matière de traçabilité depuis la ferme jusqu'à la table.

Les contrats intelligents sont des contrats encodés qui déclenchent une série d'événements exécutés automatiquement dans la chaîne d'approvisionnement si certaines conditions préalablement définies se présentent.

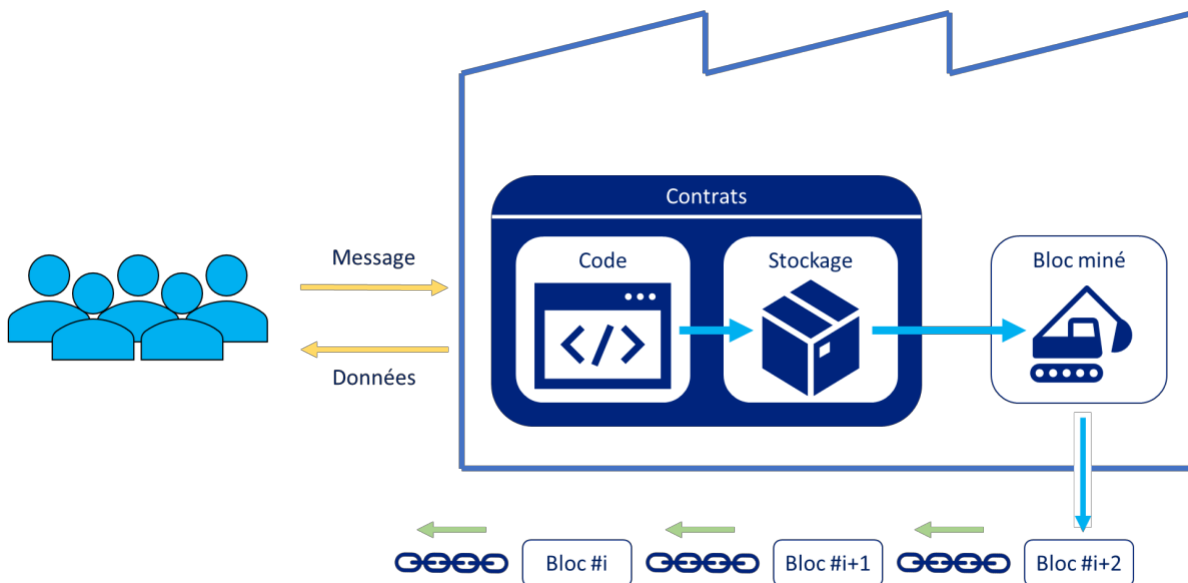
C'est pour cette raison que la technologie de la chaîne de blocs s'impose de plus en plus comme la clef de voûte de la résolution des enjeux de la traçabilité agroalimentaire, et comme composante majeure de la mise en place de chaînes d'approvisionnement intelligentes employant des *contrats intelligents*.

Les contrats intelligents sont des contrats encodés qui déclenchent une série d'événements exécutés automatiquement dans la chaîne d'approvisionnement si certaines conditions préalablement définies se présentent (Flores *et al.*, 2020). Un contrat intelligent ne peut en aucun cas être altéré une fois qu'il a été implanté dans le système. Si une erreur a eu lieu et qu'un changement au contrat est nécessaire, tous les intervenants du réseau doivent en être informés et ils doivent tous approuver le changement. Le graphique 4 emprunté à Flores *et al.*, 2020 illustre un exemple de contrat intelligent entre une association de producteurs de riz et leurs distributeurs. Dans cet exemple, l'exécution du contrat comporte 6 étapes qui sont automatisées et augmentent la confiance mutuelle entre les intervenants.



Graphique 4 - Modèle de contrat intelligent pour les agri-entreprises (à partir de Flores et al., 2020)

Le graphique 5, également emprunté à la même publication, illustre un modèle de chaîne de blocs regroupant les participants à la chaîne d'approvisionnement.



Graphique 5 - Sécurité des transactions avec la chaîne de blocs (à partir de Flores et al., 2020)

Bien que la littérature scientifique et technique ait rapidement identifié la chaîne de blocs comme le type d'architecture technologique souhaitable pour la numérisation des chaînes d'approvisionnement agroalimentaires, il faut admettre que nous sommes au tout début de l'application commerciale de cette technologie. Citons trois exemples. Une des applications les plus connues est l'IBM Food Trust qui a été testé entre autres avec la participation de Walmart afin de retracer la provenance des mangues. Selon le test effectué, identifier la provenance des mangues peut prendre 7 jours sans un tel système, tandis que le Food Trust d'IBM (ibm.com/blockchain/solutions/food-trust) a identifié la provenance des mangues en 2.2 secondes. Provenance (provenance.org/tracking-tuna-on-the-blockchain) est une autre compagnie qui fait la promotion d'un système de traçabilité de type chaîne de blocs pour les poissons; chaque poisson est identifié par une étiquette (*tag*) numérique unique qui contient toutes les informations concernant le *chemin* parcouru par ce poisson : sa pêche, son emballage, son transport, son entreposage, etc. Au Québec, de tels projets existent, mais sont encore très rares, à l'instar de l'initiative conjointe d'Agri-Traçabilité Québec et du programme Bœuf Québec (<https://www.atq.qc.ca/fr/accueil/l-actualite-en-revue/513-la-chaine-de-blocs-sera-testee-dans-l-agroalimentaire-d-ici>). Ci-dessous, le tableau 1 présente une liste d'entreprises et de produits commerciaux utilisant la technologie de chaîne de blocs dans le domaine agroalimentaire.

Tableau 1 - Compagnies et sites Internet faisant la promotion des solutions chaîne de blocs pour les chaînes d'approvisionnement du secteur agricole (à partir de Demestichas et al., 2020)

| Entreprise ou produit commercial | Site Internet |
|----------------------------------|---|
| AgriChain | https://agrichain.com |
| AgriDigital | https://www.agridigital.io |
| AgriLedger | http://www.agriledger.io/about/ |
| ATQ et Bœuf Québec | https://www.atq.qc.ca/fr/accueil/l-actualite-en-revue/513-la-chaine-de-blocs-sera-testee-dans-l-agroalimentaire-d-ici |
| Arc-net | https://arc-net.io |
| Bühler Smart Supply Chain | https://digital.bruhlergroup.com/smartsupplychain/ |
| Connecting Food | https://connecting-food.com/ |
| Demeter | https://demeter.life |
| DOWNSTREAM | https://www.down-stream.io |
| Etherisc | https://etherisc.com/ |
| Fishcoin | https://fishcoin.co |
| Honeysuckle White | https://www.honeysucklewhite.com |
| IBM Food Trust | https://www.ibm.com/blockchain/solutions/food-trust |
| Provenance from Shore to Plate | https://www.provenance.org/tracking-tuna-on-the-blockchain |
| Ripe.io | https://www.ripe.io |
| TE-FOOD | https://tefoodint.com |
| Worldcovr | https://www.worldcovr.com/ |

Enfin, notons que Kamilaris *et al.* (2019) ont répertorié plusieurs projets d'implantation de la technologie de la chaîne de blocs, précisant leur niveau de maturité (du concept à l'intégration dans les opérations) et le besoin des filières agricoles concernées. Clairement, les bénéfices de ces nouvelles technologies sont potentiellement très grands comme l'illustre très bien la représentation suivante (Graphique 6), issue d'un livre blanc publié par la firme ukrainienne de services-conseils Intellias (2020).

Use case of a borderless ecosystem for AgriTech companies and farmers

Data collection, mapping, and weather monitoring

- Collect data for further processing: mapping data, aerial and satellite images, soil measurements, GIS and GPS localized data
- Collect, store, and use this data to project crop yields, irrigation, fertilization, harvesting, and get prepared for protection from dangerous weather

AI algorithms, analytics, and cloud computing

- Transform input data into actionable commands through training on previous and newly acquired data
- Recognize patterns and apply rules for the economical use of resources
- Build projections in near-real-time and send commands to automated machinery, drones, and robotics equipment

Robotics, drones, and autonomous machinery

- Execute AI-based commands built on data
- Machinery can start harvesting on command, guided by a navigation system with a predetermined path
- Autonomous tractors can reroute their paths in real time using auto-steering based on weather changes or new predictions from the AI system
- Self-driving farm machinery may prove more reliable than self-driving cars as this machinery operates in less risky environments that are easier to predict and contain fewer obstacles than busy city streets
- Drones and robots can start irrigating or harvesting, navigated by precision maps
- AI can control climate conditions for indoor farms, recognizing crop yields with image and video processing algorithms

Traceable supply chain, blockchain, and delivery

- Track the quality of products
- Producers can mark seeds and products with QR codes.
- Distributed ledger technology can provide traceable and transparent data on food origins at each stage of the supply chain, while delivery companies carry products to retailers' shelves

Accessible payments, sharing economy, transportation

- Provide easier options to pay
- Smart contracts can be made available as a payment option for small farms to make rent of equipment affordable to farmers without advanced prepayments
- The sharing economy breaks into agriculture, providing easy ways to share equipment and heavy machinery between farms and fields
- New route optimization solutions for heavy machinery transportation assist in delivery, considering all risks along the way



Graphique 6 - Illustration d'un écosystème sans frontières pour les intégrants entreprises et agriculteurs (à partir de Intellias, 2020)

2.3.2 L'alimentation durable et l'origine locale des biens

L'exemple de Patates Dolbec illustre très bien comment l'expérience des commerçants et des consommateurs est grandement améliorée grâce à la numérisation de l'entreprise. En effet, grâce aux nombreuses données issues de la numérisation, la traçabilité du produit de la ferme à la table est complète et procure un niveau de transparence inégalé aux consommateurs et commerçants. Grâce à l'utilisation de simples code-barres, ils peuvent connaître l'origine exacte du produit. Qui plus est, le producteur exerce un contrôle parfait sur la qualité de son produit et peut si nécessaire, faire un rappel d'un lot en particulier de pommes de terre, car il sait qui a acheté quoi, quand, et de quels lots les pommes de terre provenaient. La littérature scientifique est florissante d'exemples d'entreprises agroalimentaires et manufacturières qui ont déjà intégré de telles pratiques de traçabilité (voir Wolfert *et al.*, 2017 ; Petrillo *et al.*, 2018 ; Poore *et al.*, 2018 ; v. Schönfeld et Bittner, 2018 ; Bach et Mauser, 2018 ; Saiz-Rubio et Rovira-Más, 2020).

En plus de retracer l'origine des produits (voir la publication *Le panier bleu* de Rousseau et CIRANO, 2020), la numérisation fournit de très nombreuses données qui permettraient, en principe, de mesurer l'importance relative des intrants locaux et des intrants importés, et ce à chaque étape des processus de production, de transformation et de distribution. Mais comment numériser toute l'activité économique de manière à capter cette immense quantité de données, à les partager de façon standardisée et sécuritaire entre des parties prenantes consentantes, tout en respectant le caractère confidentiel et stratégique des données personnelles et d'entreprises parfois en concurrence ? C'est ici que les technologies de registres distribués décentralisés (la chaîne de blocs) interviennent (Fernandez-Caramés *et al.*, 2019 ; OCDE, 2019).

Plus récemment, l'application de cette technologie au secteur agroalimentaire s'est répandue de sorte que nous pouvons maintenant faire référence à des présentations très pédagogiques de cette application (Stefanova *et al.*, 2019) ainsi qu'à des survols sur les nombreux projets d'implantation dans le monde (Kamilaris *et al.*, 2019). Le document *e-Agriculture in action — Blockchain for agriculture: opportunities and challenges* produit en 2019 par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organization, FAO) et l'Union internationale des télécommunications (International Telecommunication Union, ITU) fournit une excellente analyse de la technologie de la chaîne de blocs, de ses différentes variantes ainsi que des défis associés à son implantation à travers le survol de plusieurs projets de numérisation en cours de réalisation dans le monde agroalimentaire.

On reconnaît ici les grands avantages de cette version de la technologie de la chaîne de blocs que sont la transparence, la vitesse, l'efficacité, la robustesse et la sécurité.

Précisons d'entrée de jeu que sur une plateforme de type chaîne de blocs, les informations seraient inscrites sur des registres hautement sécuritaires qui protégeraient le caractère confidentiel des informations des entreprises et des personnes y participant, et cela en raison du type de réseau utilisé. Dans l'univers de la technologie des registres distribués, il existe une distinction fondamentale entre les réseaux publics, les réseaux privés et les réseaux fédérés (Casino *et al.*, 2019). Dans le contexte de l'application de cette technologie aux filières agricoles et agroalimentaires, le réseau choisi serait normalement privé ou fédéré parce que les réseaux de ce type sont plus sécuritaires que les réseaux publics et permettent aux parties prenantes, les acheteurs et les vendeurs, de se connaître mutuellement. De plus, ces types de réseaux sont très efficaces, moins énergivores et en mesure d'approuver les transactions et les informations presque instantanément. Cependant, puisque les gouvernements fédéral et provinciaux – ne serait-ce qu'en raison de leur rôle dans la réglementation alimentaire – seraient parties prenantes de tous ces réseaux privés, les mécanismes de gouvernance et de gestion en feraient des réseaux fédérés.

On reconnaît ici les grands avantages de cette version de la technologie de la chaîne de blocs que sont la transparence, la vitesse, l'efficacité, la robustesse et la sécurité. La mise en place de cette technologie impose toutefois une approche mobilisant toutes les composantes de l'écosystème de la filière agroalimentaire considérée où le registre distribué décentralisé sera appliqué. Dans un scénario idéal :

- Les gouvernements seraient des leaders dans l'adoption de cette technologie;
- Les industries l'utiliseraient d'abord pour optimiser leurs chaînes d'approvisionnement et de distribution;
- La société civile viendrait à l'accepter et à lui faire confiance si elle est convaincue qu'elle respecte la vie privée des individus.

Ceci est d'ailleurs et fort heureusement un point fort de cette technologie employée dans un réseau privé ou fédéré (ainsi cette caractéristique évitera par exemple que des concurrents soient en mesure de calculer les marges bénéficiaires des autres entreprises qui participeront à ce réseau privé et fédéré).

Ajoutons que dans le contexte de la crise sanitaire, de la préoccupation croissante des consommateurs et des distributeurs quant à la qualité et la sécurité des aliments et des produits qu'ils achètent, ainsi que de nouvelles règles encadrant les traités de commerce international, les pays importateurs de nos produits, de nos aliments et de nos services exigent de plus en plus la traçabilité complète des biens que nous leur proposons. Nos clients internationaux, tout comme les Québécois, veulent connaître l'origine et la composition exacte des intrants ayant servi à produire des biens et des produits qui leur sont offerts. La numérisation de l'activité agroalimentaire par la technologie des registres partagés est une étape essentielle à la traçabilité de ceux-ci.

En 2020, gérer une entreprise agroalimentaire, manufacturière ou de services, implique nécessairement de gérer une entreprise de plus en plus technologique et par conséquent le risque technologique s'ajoute aux risques financiers et d'affaires habituels. Les gestionnaires et leurs actionnaires doivent donc décider des degrés de numérisation, de connexion, d'automatisation, et du niveau de sécurité qu'ils souhaitent implanter pour demeurer concurrentiels et assurer la pérennité et la croissance de leur entreprise. Ce nouveau paradigme d'affaires, rempli de promesses, permet de renouveler les façons de créer, de produire et de distribuer des biens et des services, mais il impose aussi un virage culturel, organisationnel et financier qui requiert audace, prise de risques, davantage de capital et l'embauche de nouvelles compétences.

S'il ne fait aucun doute que la numérisation du secteur agroalimentaire sera extrêmement bénéfique à plusieurs points de vue, il existe toutefois plusieurs défis et obstacles à sa réalisation. La prochaine section de ce document est consacrée à ces entraves.

Chaque activité manufacturière et agroalimentaire numérisée et chaque processus de service numérisé demeure en communication continue avec d'autres objets et d'autres agents de sorte que des données sont produites et échangées constamment. Les données deviennent de l'or pour la compréhension des enjeux et la prise de décisions.

De l'importance des données

La planète entière est au cœur d'une révolution numérique et scientifique et les clients du Québec comme ceux des régions et des pays où nous exportons s'attendent à des produits de grande qualité et à un service adapté à l'ère numérique. Les progrès de l'industrie 4.0 et de la numérisation redéfinissent les chaînes d'approvisionnement des entreprises et optimisent les processus de production tout en déplaçant les sources de création de valeur. Chaque activité manufacturière et agroalimentaire numérisée et chaque processus de service numérisé demeure en communication continue avec d'autres objets et d'autres agents de sorte que des données sont produites et échangées constamment. Les données deviennent de l'or pour la compréhension des enjeux et la prise de décisions. Cette production de données a connu et connaîtra une croissance fulgurante au fur et à mesure que tous les secteurs de l'économie mondiale vont se numériser et que les technologies de la chaîne de blocs, de l'intelligence artificielle, et de la réalité virtuelle et augmentée se répandront. Le nombre d'objets interconnectés s'élève déjà à 25 milliards et devrait tripler d'ici 2025 ! Là réside la principale source de hausse de la productivité dans les années à venir. Cette révolution fera un bond prodigieux lorsque les technologies de communication du 5G auront été déployées, car les capacités de collecte des données seront alors presque infinies et le transfert de données sera exponentiellement plus rapide (Burke, 2019; Pansanen *et al.*, 2020).

3 Les défis et les obstacles à la numérisation du secteur agroalimentaire

La numérisation du secteur agroalimentaire est un marathon qui vient de démarrer et où les coureurs bénéficient des améliorations continues de la science, des nouvelles technologies et de l'expérience des uns et des autres. Mais c'est aussi une course à obstacles. L'enjeu de la connectivité des territoires agricoles du Québec est de loin l'enjeu le plus important. Il est suivi des autres défis de la numérisation du monde que l'on peut regrouper en deux grandes catégories comme le font Bacco *et al.* (2019) : les défis techniques et les défis non techniques qui sont plutôt de nature organisationnelle et culturelle.

3.1 La connectivité en territoires agricoles : une situation alarmante

Le premier défi technique de la numérisation du secteur agroalimentaire du Québec est sans contredit le fait que de nombreuses exploitations n'ont pas accès à un service d'Internet et que dans de trop nombreuses régions la connectivité à la haute vitesse n'est pas disponible ou non efficace. Comme il est documenté dans l'Annexe 1, on estime que le quart des terres agricoles québécoises ne bénéficient pas d'une connectivité à Internet adéquate (*non desservies* ou *sous-desservies*). En vérité, ce constat s'empire si l'on considère les critères de connectivité du Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes (CRTC) : près de 70 % des territoires agricoles qualifiés de « bien desservis » ont en réalité des vitesses mesurées inférieures au seuil minimal (débit en amont).

Le quart des terres agricoles québécoises ne bénéficient pas d'une connectivité à Internet adéquate (non desservies ou sous-desservies). En vérité, ce constat s'empire si l'on considère les critères de connectivité du Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes (CRTC) : près de 70 % des territoires agricoles qualifiés de « bien desservis » ont en réalité des vitesses mesurées inférieures au seuil minimal.

Comme il est documenté dans le rapport de la firme Digital Ubiquity Capital (qui est reproduit à l'annexe 2), le défi de la connectivité en zones agricoles au Québec est de taille. Les critères de connectivité établis au Canada par le CRTC requièrent pour les services sans-fil une vitesse minimale de 25 Mbps en téléchargement (amont) et de 5 Mbps en téléversement (aval). Pour les infrastructures filaires, la capacité minimale doit être de 50 Mbps en téléchargement et de 10 Mbps en téléversement.

En appliquant ces critères du CRTC aux données géographiques de la base de données des parcelles et productions agricoles déclarées (BDPPAD), les experts de Digital Ubiquity Capital ont formulé trois conclusions :

1. Plus de 23,4 % des terres agricoles du Québec se situent dans des régions non desservies ou sous-desservies au point de vue de la connectivité ;
2. Sur le 76,6 % des terres agricoles situées dans des régions considérées comme bien desservies au regard des critères du CRTC, les données émanant des tests de connectivité effectués par l’Autorité canadienne pour l’enregistrement de l’Internet (ACEI) permettent de constater que 68,3 % des exploitations se trouvant dans ces régions reçoivent en vérité un service Internet en deçà du critère minimum de 25 Mbps en téléchargement ;
3. Sur le 23,4 % des terres agricoles situées dans les régions non desservies ou sous-desservies, 93,3 % de ces fermes reçoivent un service Internet inférieur au critère minimum du 25 Mbps, toujours selon les tests de l’ACEI.

Tableau 2 - La connectivité à l’Internet et les tests de performance ACEI en territoires agricoles au Québec (à partir de Lemay et Digital Ubiquity Capital, 2020)

| Catégorie de connectivité des territoires agricoles (CRTC) | Proportion des territoires (CRTC) | Proportion de la catégorie de région (CRTC) dont les mesures de vitesse (ACEI) sont inférieures à 25 Mbps (amont) |
|--|-----------------------------------|---|
| Régions bien desservies | 76,6 % | 68,3 % |
| Régions non desservies ou sous-desservies | 23,4 % | 93,3 % |

Note : le document de la firme Digital Ubiquity Capital est disponible en Annexe 1.

Les applications numériques du domaine agricole requièrent de plus en plus des capacités de téléchargement et de téléversement symétriques où la vitesse Internet en amont et celle en aval sont similaires.

Comme indiqué par le CRTC, le niveau de connectivité minimum de 25 Mbps – quoique tout à fait adéquate pour permettre aux citoyens

d'accéder à leurs courriels et de participer à des sessions de téléconférences – est insuffisant pour les exigences technologiques de l'agriculture de précision, de l'infonuagique et l'agriculture numérique. En effet, les applications numériques du domaine agricole requièrent de plus en plus des capacités de téléchargement et de téléversement *symétriques* où la vitesse Internet en amont et celle en aval sont similaires. Cette symétrie est devenue indispensable pour les applications touchant l'analyse des données, les téléconférences avec les partenaires, la mise à jour des applications et la transmission des informations recueillies aux fins de vérifications en temps réel.

3.2 Défis techniques

Il est clair maintenant que la numérisation de l'agroalimentaire nécessite l'utilisation de presque toutes les technologies associées à la révolution numérique tels les capteurs, la RFID, l'Internet des objets, les mégadonnées, la robotique, les drones, la télédétection, l'infonuagique, l'intelligence artificielle, les réseaux de communication à basse fréquence, etc. À l'instar de la démarche de numérisation de Patates Dolbec, la ferme intelligente et son écosystème numérique de chaînes d'approvisionnement nécessitent la mise en place d'un réseau de capteurs, des systèmes de contrôle automatisé, des satellites pour la localisation, des capacités d'entrepôts, de compétences en analyse de données et des drones multifonctionnels.

Or, la complexité du milieu agricole pose souvent des défis techniques. Soulignons par exemple la nécessité de faire usage de réseaux de capteurs qui doivent résister à de fortes variations de température, être placés à différentes profondeurs du sol, rester en mesure de transmettre les données avec exactitude, limiter les dépenses énergétiques, et ne pas demander d'entretiens trop fréquents. Ce défi des capteurs existe également pour la traçabilité des animaux, car trop souvent les étiquettes d'identification sur les oreilles des animaux sont perdues dans les champs. Dans plusieurs filières agricoles (par exemple les petits fruits et les légumes, le poulet, ou encore le lait), il n'y a pas de graves problèmes associés aux capteurs.

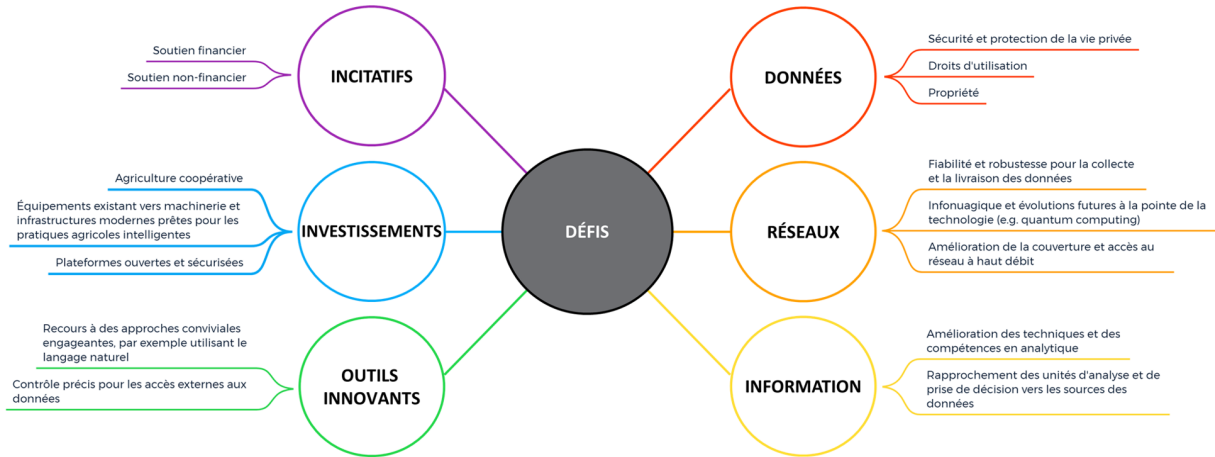
La question de la propriété de ces données est alors posée tout comme les droits d'utilisation de ces données pour les parties prenantes aux réseaux de la chaîne d'approvisionnement.

Il faut se rappeler qu'une fois captées, ces données doivent être communiquées sur les réseaux de l'Internet des objets qui sont alors sollicités du point de vue de leur

capacité, de leur sécurité et de la protection des données privées qui appartiennent aux producteurs ou aux transformateurs. La question de la propriété de ces données est alors posée tout comme les droits d'utilisation de ces données pour les parties prenantes aux réseaux de la chaîne d'approvisionnement. Des arbitrages se posent alors entre conserver ses données pour se protéger sur le plan de la concurrence ou partager ses données pour avoir accès aux meilleures découvertes et pratiques de l'industrie. Chaque filière doit, en fait, adopter une politique sur la propriété et le partage des données.

Une fois les obstacles associés à la saisie des données, à leur transmission adéquate et efficiente et aux droits de propriété tous levés, il faut construire les outils et les systèmes analytiques et les intégrer aux autres plateformes numériques de la ferme, de l'usine de transformation ou de la chaîne d'approvisionnement. C'est ici que l'incompatibilité entre les solutions offertes par différents fournisseurs se révèle comme un autre enjeu technique crucial. Le rapport CIRANO sur l'agriculture numérique traite de ces questions d'interopérabilité, de standardisation, d'autonomie et d'indépendance des agriculteurs vis-à-vis de leurs choix technologiques (voir Royer *et al.*, 2020). Cette énumération des défis techniques est incomplète et il serait possible de creuser davantage ces obstacles. Bacco *et al.* (2019), Demestichas (2020), Kamilaris (2019), et Kosior (2018) en font effectivement un recensement plus complet.

En pratique, les projets de numérisation et de chaîne de blocs en cours dans le monde agricole sont des laboratoires à ciel ouvert, et l'on y constate que certaines filières agroalimentaires sont plus faciles ou aisées à numériser que d'autres. On constate aussi que les technologies réussissent avec le temps et les investissements nécessaires à relever les défis techniques et technologiques. Ces découvertes arrivent assez rapidement disponibles sous forme de nouvelles applications commerciales qui sont alors achetées et implantées par ceux qui courent déjà le marathon de la numérisation de leur secteur agroalimentaire.



Graphique 7 - Les principaux défis de l'agriculture numérique (adapté de Bacco et al., 2019)

3.3 Défis organisationnels et culturels

Au Québec, les défis et les obstacles organisationnels et culturels à la numérisation de l'agroalimentaire sont bien présents ; ils ne sont pas différents de ceux identifiés ailleurs dans le monde, en particulier en Europe qui est l'endroit où la politique publique a fait de la numérisation du secteur agroalimentaire une priorité.

L'agriculture de précision qui se manifeste par des équipements agricoles sophistiqués et intelligents dans les champs, les étables, ou les abattoirs est bien présente dans quelques filières qui au Québec affichent de bonnes marges bénéficiaires comme le lait ou le poulet. De plus, dans les filières où la traçabilité est imposée par la réglementation (voir Agri-Traçabilité Québec) on retrouve également des composantes ou des initiatives de la numérisation. Mais comme nous l'avons établi plus tôt l'agriculture de précision, bien qu'indispensable, n'est pas suffisante à la numérisation du secteur, car ce sont les écosystèmes de chaque filière qui doivent être numérisés afin de répondre aux exigences de qualité, de santé, de traçabilité et de durabilité des clients.

Au Québec, les défis et les obstacles organisationnels et culturels à la numérisation de l'agroalimentaire sont bien présents ; ils ne sont pas différents de ceux identifiés ailleurs dans le monde, en particulier en Europe qui est l'endroit où la politique publique a fait de la numérisation du secteur agroalimentaire une priorité.

En fait, le constat fait par les observateurs (Bacco et al., 2019) se résume en trois types de défis non techniques :

1. Le premier concerne les **investissements** découlant de la nécessité de déprécier plus rapidement des équipements et des logiciels qui ne sont plus compatibles avec les nouvelles technologies ; il s'agit donc de **financer les nouvelles technologies et de nouveaux équipements plus modernes**.
2. Le deuxième a trait aux défis reliés à l'implantation de nouveaux outils et à la **formation du personnel** tout en cherchant à favoriser les **approches les plus pédagogiques entourant les questions de partages des données**.
3. Le troisième concerne l'élaboration des **mesures incitatives financières** et les **programmes de soutien non financier** que les gouvernements doivent mettre en place pour susciter le développement numérique de chaque filière.

Conclusion et recommandations

Les grands objectifs stratégiques considérés par le MAPAQ sont :

1. Favoriser l'achat local ;
2. Accroître l'offre alimentaire provenant des producteurs du Québec ;
3. Renforcer les chaînes d'approvisionnement ;
4. Accélérer le virage écologique du secteur agroalimentaire.

Ces grands objectifs stratégiques sont tout à fait pertinents, car ils sont totalement alignés sur les attentes des consommateurs québécois qui recherchent des aliments de qualité, bons pour leur santé et dont ils peuvent identifier l'origine dans le but de manger plus localement et réduire l'empreinte écologique de leurs habitudes de consommation. Les Québécois, tout comme les clients à l'exportation, souhaitent également pouvoir compter sur des chaînes d'approvisionnement robustes et résilientes. Ces objectifs sont aussi compatibles avec les besoins des consommateurs étrangers qui veulent retracer l'origine des aliments qu'on leur propose, de même que pouvoir vérifier les ingrédients et les processus qui ont servi à les produire. Ces nouvelles attentes sont généralisées ici comme ailleurs et elles ont été amplifiées par cette pandémie qui a accentué les besoins de sécurité et de qualité alimentaires.

Pour atteindre ces objectifs, il est indispensable et incontournable de produire les informations vérifiables et accessibles par tous les intervenants d'un secteur agroalimentaire ; ces informations ne pourront être obtenues qu'à partir des données issues de la numérisation des processus de production, de transformation et de distribution des aliments. Les données agroalimentaires sont de l'or, la mine d'or est cet écosystème agroalimentaire et sa numérisation est la seule façon d'extraire le minerai. Il est primordial pour l'ensemble des acteurs de la chaîne de production agricole de comprendre que le cœur de leur métier n'est plus seulement la production de denrées alimentaires, mais aussi, et peut-être surtout, qu'ils sont producteurs de données. À cette mine d'or viendra naturellement se greffer la « fonderie », c'est-à-dire le tissu des jeunes entreprises technologiques qui sont et seront expertes dans la valorisation de ces données. Développer ce savoir-faire ne peut se faire qu'en stoppant la fuite et l'accaparement des données par des tiers, ainsi qu'en faisant la promotion de leur ouverture et de leur partage. La souveraineté alimentaire du Québec et la mise en œuvre d'une agriculture durable ont alors pour condition la garantie de la souveraineté des données agroalimentaire et l'établissement d'un modèle de gouvernance des données durable.

Le numérique n'est pas un secteur de l'économie ni de l'agriculture, mais une révolution industrielle qui est un passage obligé pour le Québec, comme pour toutes les sociétés.

Un très bel exemple du fonctionnement de la traçabilité dans un monde sur une architecture de chaîne de blocs est celui que le géant européen de l'alimentation et de la grande distribution Carrefour a appliqué au poulet vendu dans ses hypermarchés (voir <https://youtu.be/79qdAut-Fg>). Dans cet exemple, le consommateur a accès rapidement par son téléphone intelligent à une multitude d'informations grâce à la simple lecture du code QR (*Quick Response code*) qui le conduit directement sur un portail consacré à la traçabilité. Le consommateur prend connaissance de tous les détails pertinents concernant la localisation de l'éleveur ainsi que l'historique de l'élevage de ce poulet ainsi que des ingrédients qui l'ont nourri; il prend également connaissance du parcours du poulet du couvoir à l'abattoir ainsi que du transport vers l'entrepôt, jusqu'au point de service.

Muni de ces informations, le consommateur est à même de décider de faire cet achat *local* et de *bonne qualité* (objectif № 1). Le producteur français verra vraisemblablement sa capacité concurrentielle améliorée parce que les données concernant son produit sont dorénavant numérisées ; ces données sont accessibles à tous les consommateurs et ses produits sont maintenant répertoriés sur une chaîne d'approvisionnement numérisée. Grâce au code QR, il pourra ainsi proposer à ses consommateurs une expérience client personnalisée comme des activités agrotouristiques, des recettes, des achats en vrac, etc. (objectif № 2). Tous les intervenants qui participent à la chaîne de blocs mise sur pied par Carrefour voient leur chaîne d'approvisionnement renforcée parce qu'en amont comme en aval, les données sécurisées permettent à tous les intervenants d'optimiser leurs liens avec leurs fournisseurs et leurs distributeurs : dans le cas, par exemple, où l'un des nutriments utilisés dans l'alimentation d'un lot de poulets s'avèrerait de mauvaise qualité, il sera facile pour tous les intervenants de la chaîne de faire un rappel spécifique du lot concerné contaminé parce que le numéro de chaque poulet et de chaque lot apparaît sur la facture des distributeurs et des consommateurs (objectif № 3). Enfin, grâce au code QR, il est possible de fournir toutes les données permettant de mesurer l'empreinte écologique de chaque poulet en identifiant les coûts de l'énergie utilisée, les coûts de transport et les autres informations pertinentes provenant des outils analytiques et les multiples capteurs installés dans le couvoir *intelligent* de l'éleveur (objectif № 4).

Si la numérisation des filières agroalimentaires est le passage obligé pour atteindre les quatre grands objectifs visant à faire progresser le secteur agroalimentaire du Québec, elle est aussi une stratégie de défense essentielle pour assurer la survie des réseaux de distribution sur notre

propre marché domestique et pour permettre à nos producteurs d'acheminer leurs produits sur les chaînes d'approvisionnement des marchés extérieurs.

La première section de ce document a été consacrée à une longue présentation sur les nouveaux modèles d'affaires du monde numérique et sur la nouvelle dynamique industrielle qui en bouscule la fabrication et la distribution. Cette section fait partie intégrante de l'argumentaire. Il a été expliqué dans cette première section qu'Amazon, Walmart et quelques autres devenaient en fait des plateformes de plateformes. L'achat de Wholefoods par Amazon n'est pas l'achat d'un fournisseur d'aliments pour les clients d'Amazon, mais bien l'intégration d'un *client* qui permettra à Amazon de comprendre, développer et optimiser sa plateforme de services aux distributeurs alimentaires, qu'ils soient la propriété d'Amazon ou un concurrent de Wholefoods. Il faut s'attendre à ce que Amazon offre bientôt ses services de *plateforme pour épiciers* comme Amazon offre déjà des services de distribution et de gestion des approvisionnements pour un très grand nombre de quincailliers, de libraires, de manufacturiers, etc.

Comment réagiront les grandes chaînes alimentaires du Québec et du Canada, quand Amazon, qui a déjà 14 clients épiciers au Canada, sera en mesure de leur proposer une offre de services de distribution et d'approvisionnement efficaces, efficients et concurrentiels ? Dans un moindre degré, Couche-Tard est également un exemple de cette nouvelle dynamique industrielle. Pourquoi Couche-Tard connaît-il un tel succès ? C'est qu'il devient tous les jours une plateforme de plus en plus efficace et efficiente pour desservir et servir les dépanneurs du monde entier !

[La numérisation], une stratégie de défense essentielle pour assurer la survie des réseaux de distribution sur notre propre marché domestique et pour permettre à nos producteurs d'acheminer leurs produits sur les chaînes d'approvisionnement des marchés extérieurs.

Nous savons déjà que le Québec n'abrite aucun fabricant majeur d'équipements agricoles de précision ou de robots qui ont commencé à envahir le secteur agroalimentaire (pas plus que le Canada d'ailleurs). Ces machines munies de capteurs de toutes sortes enregistrent tous les jours des milliards de données dans les étables, dans les champs et les abattoirs. Certes, une partie de ces données sert à rendre nos agriculteurs, nos abattoirs et nos usines de transformation alimentaire plus efficaces et efficients et c'est tant mieux, mais ces mêmes machines transmettent potentiellement des données à leurs concepteurs. Dans un monde numérique, le nerf de la guerre économique est la propriété de toutes ces données nourrissant les algorithmes d'apprentissage automatique qui serviront à optimiser les opérations et les chaînes de distribution. Si la distribution des aliments et les données qu'elle produit sur les préférences des

consommateurs et leurs habitudes de vie passent sous le contrôle effectif des géants du numérique, il deviendra très difficile pour le Québec de mettre en place des objectifs de politique agricole. Tout ceci devient aussi très paradoxal, compte tenu de la position stratégique avantageuse du Québec et du Canada en intelligence artificielle !

Dans un monde numérique, le nerf de la guerre économique est la propriété de toutes ces données nourrissant les algorithmes d'apprentissage automatique.

Les concepts de souveraineté alimentaire, d'autosuffisance alimentaire ou d'autonomie alimentaire dans un monde numérisé deviennent des concepts très relatifs si la numérisation est faite totalement par des fabricants de la

machinerie intelligente qui contrôlent les données de la production alimentaire et par des géants du numérique qui contrôlent les données de la distribution. Voilà pourquoi la souveraineté des données agricoles est une condition *sine qua non* de la souveraineté alimentaire du Québec, imposant de se doter rapidement d'une stratégie pour éviter la perte de ces « denrées informatiques ».

Un des grands enjeux de la numérisation est non seulement la propriété des données, mais aussi la protection de la vie privée et des libertés. À ce sujet, le gouvernement fédéral a récemment publié un énoncé de sa politique sur le sujet (Gouvernement du Canada, 2020) qui devrait nourrir la réflexion du secteur agroalimentaire québécois.

Plusieurs déplorent que la numérisation et la robotisation détruisent des emplois et accentuent les inégalités. Il faut reconnaître que les changements technologiques, tout en accroissant la productivité, font des gagnants et des perdants ; c'est pourquoi il est indispensable que les politiques publiques accompagnent ces changements technologiques de programmes de formation et de transition pour les travailleurs qui en seront victimes. Plusieurs entreprises réussissent d'ailleurs leur transition numérique en conservant leur personnel qu'ils forment pour travailler avec les nouvelles technologies : le cas de Patates Dolbec en est un bel exemple. Cette problématique de la formation continue disponible, de la formation initiale adéquate et du recrutement de la relève dans les métiers agricoles est un autre élément crucial de la réussite de la transition numérique du secteur. La formation et la rétention d'experts en conception de

systèmes automatisés et en analyse de données dans le but de développer des solutions technologiques pour l'industrie agroalimentaire québécoise est un autre élément à examiner.

Les concepts de souveraineté alimentaire, d'autosuffisance alimentaire ou d'autonomie alimentaire dans un monde numérisé deviennent des concepts très relatifs si la numérisation est faite totalement par des fabricants de la machinerie intelligente qui contrôlent les données de la production alimentaire et par des géants du numérique qui contrôlent les données de la distribution.

C'est pourquoi la solution ne réside pas dans le refus de ce changement ; il ne sert à rien de lui faire la guerre, il faut plutôt s'en faire un allié sinon notre capacité de demeurer concurrentiels et de vendre sur les marchés extérieurs et même sur nos propres marchés en sera réduite, au point d'en être les perdants.

La numérisation de l'agroalimentaire du Québec est par conséquent un levier indispensable et incontournable pour atteindre les grands objectifs du MAPAQ. Pour atteindre ces objectifs grâce à la numérisation du secteur, nous proposons les cinq recommandations suivantes.

CINQ RECOMMANDATIONS

Première recommandation

Faire de la numérisation du secteur agroalimentaire la priorité du plan stratégique du MAPAQ, autant pour *attaquer* les marchés domestiques et internationaux que pour permettre aux producteurs et aux distributeurs de *défendre* leur part des marchés domestiques et internationaux.

Deuxième recommandation

Garantir l'accès à des services Internet haute vitesse sur l'ensemble du territoire du Québec. C'est une condition essentielle à la numérisation du secteur agroalimentaire. En appliquant ces critères du CRTC aux données géographiques de la base de données des parcelles et productions agricoles déclarées (BDPPAD), les experts de Digital Ubiquity Capital ont formulé trois conclusions :

Plus de 23,4 % des terres agricoles du Québec se situent dans des régions non desservies ou sous-desservies au point de vue de la connectivité ;

Sur le 76,6 % des terres agricoles situées dans des régions considérées comme bien desservies au regard des critères du CRTC, les données qui émanent des tests de connectivité effectués par l'Autorité canadienne pour l'enregistrement de l'Internet (ACEI) permettent de constater que 68,3 % des exploitations se trouvant dans ces régions reçoivent en vérité un service Internet en deçà du critère minimum de 25 Mbps en téléchargement ;

Sur le 23,4 % des terres agricoles situées dans les régions non desservies ou sous-desservies, 93,3 % de ces fermes reçoivent un service Internet inférieur au critère minimum du 25 Mbps, toujours selon les tests de l'ACEI.

Cette situation est urgente et sa résolution est indispensable pour la numérisation du secteur agroalimentaire du Québec.

Troisième recommandation

Établir un état des lieux du secteur agroalimentaire du point de vue de la numérisation pour chaque filière. Ce travail a déjà été initié dans l'étude du CIRANO *Les enjeux du numérique dans le secteur agricole - Défis et opportunités*, et devrait être poursuivi dans la même lignée. Cet état des lieux doit permettre de classer les filières agroalimentaires selon leur degré d'accès à Internet haute vitesse, selon les exigences réglementaires et de marchés concernant la traçabilité, le degré de numérisation de la filière, etc. Établir un ordre de priorité des filières à numériser selon les coûts et bénéfices.

Quatrième recommandation

Créer avec le secteur agroalimentaire et les milieux universitaires un centre de vigie des projets d'implantation de la technologie de la chaîne de blocs en agroalimentaire autour du monde, en privilégiant les projets qui sont les plus pertinents selon l'ordre des priorités retenues par le MAPAQ. En particulier, les initiatives, preuves de concept et implantations en Europe (à l'instar de Connecting Food, [https : //youtu.be/Yy2b2VBsrag](https://youtu.be/Yy2b2VBsrag)) ou aux États-Unis (voir le sommet sur la technologie de la chaîne de blocs en Arkansas, 2018) seront très pertinentes.

Cinquième recommandation

Mobiliser une équipe d'experts pour accompagner le MAPAQ dans sa démarche stratégique visant à implanter la technologie de la chaîne de blocs pour la numérisation des filières agroalimentaires du Québec. Pour adapter le secteur agroalimentaire, il faut adopter une approche en colimaçon. Numériser le secteur agroalimentaire c'est un peu comme construire un escalier en colimaçon en plein centre d'une maison de plusieurs étages déjà construite ! Avoir l'électricité partout dans la maison sera essentiel (la haute vitesse), l'état de lieux sera crucial (bien connaître les filières) et voir ce qui s'est fait ailleurs est primordial (la vigie des projets). Le modèle de l'escalier est celui en colimaçon parce que c'est une exigence des clients (la transparence et la sécurité des données imposent la technologie de la chaîne de blocs). Tout comme pour construire une maison, il faut donc impliquer des experts et se faire accompagner par des spécialistes en technologies de l'information et du numérique. Adapter le secteur agroalimentaire du Québec en adoptant une approche utilisant la technologie de la chaîne de blocs requiert la compétence d'experts pour bâtir l'architecture désirée, élaborer ce plan numérisation et le réaliser avec l'industrie sur plusieurs années.

Bibliographie

- Agence France Presse, & Radio-Canada. (2020, March 16). Apple écope d'une amende record de 1,7 milliard \$ pour pratiques anticoncurrentielles. *Radio-Canada.ca*. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1667969/apple-amende-record-pratiques-anticoncurrentielles-france-europe>
- Agri-Traçabilité Québec (ATQ). (2011). *Les lois qui régissent la traçabilité*. <https://guide.atq.qc.ca/fr/ong1-07.html>
- Agri-Traçabilité Québec (ATQ), & Boeuf Québec. (2018). *La chaîne de blocs sera testée dans l'agroalimentaire d'ici*. <https://www.atq.qc.ca/fr/accueil/l-actualite-en-revue/513-la-chaîne-de-blocs-sera-testee-dans-l-agroalimentaire-d-ici>
- Agri-Traçabilité Québec (ATQ), Conseil Québécois de l'horticulture (CQH), Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), & Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). (2014). *Répertoire des solutions technologiques en traçabilité horticole*. Agri-Traçabilité Québec (ATQ). https://www.atq.qc.ca/images/docs/fr/Production_horticole/Projet_pilote_horticole/Repeertoire_Fr-FinalWeb.pdf
- Alvi, S., Jamil, F., Roson, R., & Sartori, M. (2020). Do Farmers Adapt to Climate Change? A Macro Perspective. *Agriculture*, 10(6), 212. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060212>
- Ansip, A., Navracsics, T., Hogan, P., Gabriel, M., & Commission européenne (CE). (2019, April 9). *Déclaration commune : Assurer l'avenir numérique de l'Europe*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/STATEMENT_19_2070
- Association des détaillants en alimentation du Québec (ADA), & Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ). (2018). *Guide d'application - Indication de l'origine des fruits et légumes frais*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ). <https://adaq.qc.ca/suivi-des-dossiers/agroalimentaire/reglement-sur-lorigine-des-fruits-et-legumes/>
- Atkinson, R. D. (2019). *Robotics and the Future of Production and Work*. Information Technology and Innovation Foundation. <https://itif.org/publications/2019/10/15/robotics-and-future-production-and-work>
- Bacco, M., Barsocchi, P., Ferro, E., Gotta, A. & Ruggeri, M. (2019). The Digitisation of Agriculture: A Survey of Research Activities on Smart Farming. *Array*, 3–4, 100009. <https://doi.org/10.1016/j.array.2019.100009>
- Bach, H. & Mauser, W. (2018). Sustainable Agriculture and Smart Farming. In *Earth Observation—Open Science and Innovation*.

- Badia-Melis, R., Mishra, P., & Ruiz-García, L. (2015). Food traceability: New trends and recent advances. A review. *Food Control*, 57, 393–401. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.005>
- Bain & Company, Mitchell, C., Sehgal, S., Mathur, H. & Chopra, P. (2018). *Indian Farming's Next Big Moment: Farming as a Service*.
- Banque Mondiale. (2020). *Terres arables (hectares par personne, 1961—2016) | Données de la Banque Mondiale*. <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/AG.LND.ARBL.HA.PC>
- Barter, P. (2013, February 13). 'Cars are parked 95% of the time.' Let's check! <https://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html>
- Basso, B., & Antle, J. (2020). Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*, 3, 254–256. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0510-0>
- Bates, J. & Leibling, D. (2012). *Spaced Out—Perspectives on parking policy* (p. 132). RAC Foundation. <https://www.racfoundation.org/research/mobility/spaced-out-perspectives-on-parking>
- Bélanger, G., & Bootsma, A. (2016). Impacts des changements climatiques sur l'agriculture au Québec. *65e Congrès de l'Ordre des agronomes du Québec*, 20.
- Bélanger, M.-C., & Bouroubi, Y. (2015). *Réflexion sur l'état d'adoption des technologies d'agriculture de précision au Québec*. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ). https://www.agrireseau.net/documents/Document_90267.pdf
- Benke, K. & Tomkins, B. (2017). Future food-production systems: Vertical farming and controlled-environment agriculture. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 13, 13–26. <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>
- Blockchain Technology Transforming the Agriculture and Food Supply Chain—Webinar*. (2019, January 29). <https://www.youtube.com/watch?v=aNf699UWnNw&feature=youtu.be>
- Boudreau, Y. & Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ). (2018, February 27). L'adoption des technologies de pointe en agriculture. *BioClips*, 26 (6), 2.
- British Broadcasting Corporation (BBC). (2019). *The ageing crisis threatening farming*. <http://www.bbc.com/future/bespoke/follow-the-food/the-ageing-crisis-threatening-farming/>
- Charlebois, S., Schwab, A., Henn, R., & Huck, C. W. (2016). Food fraud: An exploratory study for measuring consumer perception towards mislabeled food products and influence on self-authentication intentions. *Trends in Food Science & Technology*, 50, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.02.003>
- Chui, M., Manyika, J., Miremadi, M., Henke, N., Chung, R., Nel, P., Malhotra, S., & McKinsey Global Institute. (2018). *Notes from the AI frontier: Applications and value of deep learning |*

McKinsey. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-applications-and-value-of-deep-learning>

Comment améliorer la traçabilité de nos aliments ? (2018, April 10). <https://www.youtube.com/watch?v=79qdAut-Fg&feature=youtu.be>

Connecting Food—Food Transparency Blockchain. (n.d.). [Corporate]. Connecting Food. <https://connecting-food.com/en/>

Dandage, K., Badia-Melis, R., & Ruiz-García, L. (2017). Indian perspective in food traceability: A review. *Food Control*, 71, 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.005>

De Marcellis-Warin, N., & Peignier, I. (2018). *Baromètre CIRANO — Perception des risques au Québec* (N° 2018MO-02 ; p. 46). <https://barometre.cirano.qc.ca/>

Delmar Cengage Learning. (n.d.). *Precision Agriculture—New Technologies, Tools, and Techniques*. http://www.delmarlearning.com/companions/content/140188105X/trends/new_tech.asp

Demartini, M., Pinna, C., Tonelli, F., Terzi, S., Sansone, C., & Testa, C. (2018). Food industry digitalization: From challenges and trends to opportunities and solutions. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1371–1378. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.337>

Demestichas, K., Peppes, N., Alexakis, T., & Adamopoulou, E. (2020). Blockchain in Agriculture Traceability Systems: A Review. *Applied Sciences*, 10(12), 4113. <https://doi.org/10.3390/app10124113>

Démonstration: Semoir John Deere avec adaptation—Precision planting. (2017, May 22). <https://www.youtube.com/watch?v=sYzyKkNZWs&feature=youtu.be>

Devarakonda, M. & Tsou, C.-H. (2014). *Automated Problem List Generation from Electronic Medical Records in IBM Watson*. 7.

Deveron. (n.d.). *Precision Ag 101*. Deveron. <http://deveronuas.com/learn-precision-agriculture-101/>

Dissanayake, R., & Amarasuriya, T. (2015). Role of brand identity in developing global brands: A literature based review on case comparison between Apple iPhone vs. Samsung smartphone brands. *Research Journal of Business Management-RJBM*, Vol. 2, 430–440. <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2015312990>

Eisen, J. B. (2013). Smart Regulation and Federalism for the Smart Grid. *Harvard Environmental Law Review*, 37, 1.

États membres de l'Union européenne. (2019, April 19). A smart and sustainable digital future for European agriculture and rural areas. *Shaping Europe's Digital Future—European*

- Commission. Digital Day 2019. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-member-states-join-forces-digitalisation-european-agriculture-and-rural-areas>
- Fédération de la relève agricole du Québec (FRAQ). (2011). *Des solutions concrètes pour la pérennité du secteur agricole*. <http://www.fraq.qc.ca/wp-content/uploads/2014/02/memoire-fraq.pdf>
- Felix, I., Martin, A., Mehta, V., Mueller, C., & McKinsey & Company. (2020, July 2). *US food supply chain: Disruptions and implications from COVID-19* [Corporate]. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/us-food-supply-chain-disruptions-and-implications-from-covid-19>
- Feng Tian. (2017). A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain Internet of things. *2017 International Conference on Service Systems and Service Management*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2017.7996119>
- Flores, L., Sanchez, Y., Ramos, E., Sotelo, F., & Hamoud, N. (2021). Blockchain in Agribusiness Supply Chain Management: A Traceability Perspective. In T. Ahram (Ed.), *Advances in Artificial Intelligence, Software and Systems Engineering* (pp. 465–472). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51328-3_64
- Fonds mondial pour la nature (WWF) - Canada. (2009). *Péril dans les eaux canadiennes—Les flux environnementaux et l’avenir des ressources d’eau douce au Canada* (p. 16). http://awsassets.wwf.ca/downloads/wwf_canadas_riversatrisk_report_fr.pdf
- Fürnsinn, S. (2020, January 23). *Yara and IBM launch an open collaboration for farm and field data to advance sustainable food production* [Corporate]. Yara International. <https://www.yara.com/corporate-releases/yara-and-ibm-launch-an-open-collaboration-for-farm-and-field-data-to-advance-sustainable-food-production/>
- Gerbet, T., & Radio-Canada. (2018, November 9). Perte des terres agricoles au Québec: « C’est pire qu’avant ». *Radio-Canada.ca*. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1134484/agriculture-zonage-territoire-agricole-cptaq-loi-etatement-protection-accaparement>
- Gibert, C., & Bourdarias, A. (2020, October 6). Des drones arrivent dans les champs québécois. *CScience IA*. <https://www.cscience.ca/2020/10/06/video-des-drones-arrivent-dans-les-champs-quebecois/>
- Gouvernement du Canada, I. (2018, September 24). *Rapport des Tables de stratégies économiques du Canada: L’impératif de l’innovation et de la compétitivité - Tables sectorielles de stratégies économiques*. https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/fra/h_00020.html
- Gouvernement du Canada, & Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE). (2020, November 17). *Nouveau projet de loi pour protéger la vie privée des Canadiens*

et accroître leur contrôle sur leurs données et leurs renseignements personnels [Communiqués de presse]. <https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/nouvelles/2020/11/nouveau-projet-de-loi-pour-protger-la-vie-privee-des-canadiens-et-accroitre-leur-contrle-sur-leurs-donnees-et-leurs-renseignements-personnels.html>

Greenman, S. (2018, May 21). Who Is Going to Make Money in AI? Part I. *Towards Data Science*. <https://towardsdatascience.com/who-is-going-to-make-money-in-ai-part-i-77a2f30b8cef>

Greenman, S. (2019, April 15). The Secrets of Successful AI Startups. Who's Making Money in AI Part II? *Towards Data Science*. <https://towardsdatascience.com/the-secrets-of-successful-ai-startups-whos-making-money-in-ai-part-ii-207fea92a8d5>

Hoeren, T. & Kolany-Raiser, B. (Eds.). (2018). *Big Data in Context*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-62461-7>

Hutchinson, A. (2018, June 27). *Governor Hutchinson, IBM Host Blockchain Technology Summit* [Politique]. Arkansas Governor. <https://governor.arkansas.gov/news-media/press-releases/governor-hutchinson-ibm-host-blockchain-technology-summit>

Imagia. (2020). *Les dernières nouvelles au sujet de nos initiatives de recherche*. <https://imagia.com/fr/recherche/>

Intellias. (2020, January 21). How to Apply Blockchain for Supply Chain in Agriculture [Corporate]. *Intellias*. <https://www.intellias.com/how-to-apply-the-blockchain-to-agricultural-supply-chains-while-avoiding-embarrassing-mistakes/>

International Federation of Robotics (IFR). (2017). *The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs* (p. 15). International Federation of Robotics (IFR). https://ifr.org/downloads/papers/IFR_The_Impact_of_Robots_on_Employment_Positioning_Paper.pdf

John Deere. (2016, June 13). *John Deere AutoTrac Sprayer Guidance Systems Video*. <https://www.youtube.com/watch?v=T03MxUR2P0&feature=youtu.be>

Julien, S.-S., Richard, D., Direction des études économiques et d'appui aux filières, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), Couture, G., Labrecque, J.-M., Pelletier, L., (2006). *Monographie de l'industrie acéricole au Québec*.

Kaiser, H. M., Riha, S. J., Wilks, D. S., Rossiter, D. G., & Sampath, R. (1993). A Farm-Level Analysis of Economic and Agronomic Impacts of Gradual Climate Warming. *American Journal of Agricultural Economics*, 75(2), 387–398. <https://doi.org/10.2307/1242923>

Kamilaris, A., Fonts, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2019). The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 640 - 652. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.034>

- Kencee U2—L’outil de distanciation sociale pour vos employés. (2020). Kencee | Localisation en temps réel. <https://kenceertls.com/kencee-u2/>
- Kesri, K., & Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation (MAPAQ). (2012, December). Les exportations bioalimentaires internationales du Québec. *BioClips+*, 15(3), 12.
- Kosior, K. (2018). Digital transformation in the agri-food sector – opportunities and challenges. *Polish Association of Agricultural Economists and Agribusiness - Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa e Agrobiznesu (SERiA)*, 2018(2). <https://doi.org/10.22004/ag.econ.293647, 10.5604/01.3001.0011.8122>
- Kruppa, M. (2020, September 23). Venture capital floods into food-tech. *Financial Times*. <https://www.ft.com/content/849393e2-b14f-43b6-966d-88fdf9d110ab>
- La robotique et technologies de l’agriculture de précision ont changé le travail à notre ferme.* (2018, November 21). <https://www.youtube.com/watch?v=cSRwq1SKG3Q&feature=youtu.be>
- Leflaive, X., Witmer, M., Martin-Hurtado, R., Bakker, M., Kram, T., Bouwman, L., Visser, H., Bouwman, A., Hilderink, H., Kim, K., & Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (2012). *Perspectives de l’environnement de l’OCDE à l’horizon 2050 - Les conséquences de l’inaction—Chapitre 5 : Eau.* Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). <http://www.oecd.org/fr/env/indicateurs-modelisation-perspectives/49848948.pdf>
- Lemay, M., & Digital Ubiquity Capital. (2020). *État de la connectivité des terres agricoles au Québec.* <https://www.digitalubiquitycapital.com/about/>
- Lenny, D., Zagorulko, A., & Intellias. (2020). *Sustainable Agriculture: From Tech Solutions to Ecosystem* (p. 26) [White paper]. <https://www.intellias.com/download-file/sustainable-agriculture-whitepaper.pdf>
- Lescop, D. & Lescop, E. (2013). Platform-based ecosystem and firm/market equivalency: The Case of Apple iPhones. *Understanding Business Ecosystems: How Firms Succeed in a New World of Convergence.*
- Letaifa, S. B., Gratacap, A. & Isckia, T. (2013). *Understanding Business Ecosystems: How Firms Succeed in the New World of Convergence?* De Boeck Supérieur.
- Lund, S., Manyika, J., Woetzel, J., Barriball, E., Krishnan, M., Alicke, K., Birshan, M., George, K., Smit, S., Swan, D., Hutzler, K., & McKinsey Global Institute. (2020). *Risk, resilience, and rebalancing in global value chains* (p. 112). <https://view.ceros.com/mckinsey/autocx-ex2-v1-online-2-2-2-2-2-3-1-2-1-2-4-2-1-2>

- Maddox, T. (2018, December 12). Agriculture 4.0: How digital farming is revolutionizing the future of food. *TechRepublic*. <https://www.techrepublic.com/article/agriculture-4-0-how-digital-farming-is-revolutionizing-the-future-of-food/>
- Mahdu, O. (2019). *The Impacts of Climate Change on Rice Production and Small Farmers' Adaptation: A Case of Guyana*. <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/89087>
- Masters, K. (2019, March 20). 89% Of Consumers Are More Likely to Buy Products From Amazon Than Other e-Commerce Sites: Study. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/kirimasters/2019/03/20/study-89-of-consumers-are-more-likely-to-buy-products-from-amazon-than-other-e-commerce-sites/>
- Milman, O. (2015, December 2). Earth has lost a third of arable land in past 40 years, scientists say. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2015/dec/02/arable-land-soil-food-security-shortage>
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ). (2019, May 21). L'industrie bioalimentaire québécoise résiliente en 2018. *BioClips*, 27 (18), 2.
- Mirabelli, G., & Solina, V. (2020). Blockchain and agricultural supply chains traceability: Research trends and future challenges. *Procedia Manufacturing*, 42, 414–421. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.054>
- Montet, V. (2020, November 17). Après les livres, le streaming et l'épicerie, Amazon cible la pharmacie. *Agence France Press*. <https://www.lapresse.ca/affaires/entreprises/2020-11-17/apres-les-livres-le-streaming-et-l-epicerie-amazon-cible-la-pharmacie.php>
- Mulla, D., & Khosla, R. (2015). Historical Evolution and Recent Advances in Precision Farming. In R. Lal & B. Stewart (Eds.), *Soil-Specific Farming* (pp. 1–36). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18759-2>
- Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (2020). *Food Supply Chains and COVID-19: Impacts and Policy Lessons*. <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/food-supply-chains-and-covid-19-impacts-and-policy-lessons-71b57aea/>
- Organisation des Nations Unies (ONU). (2015, December 14). *Questions thématiques — La population*. <https://www.un.org/fr/sections/issues-depth/population/index.html>
- Paredes, M. (2018). Can Artificial Intelligence help reduce human medical errors? Two examples from ICUs in the US and Peru. *Tech Policy Institute*, 12.
- Patates Dolbec. (2018, November 30). *Patates Dolbec: Tout voir de A à Z!* https://www.youtube.com/watch?v=7Yd4_kNtU_8
- Pesapane, F., Codari, M. & Sardanelli, F. (2018). Artificial intelligence in medical imaging: Threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine. *European Radiology Experimental*, 2(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s41747-018-0061-6>

- Petrillo, A., Felice, F. D., Cioffi, R., & Zomparelli, F. (2018). Fourth Industrial Revolution: Current Practices, Challenges, and Opportunities. Digital Transformation in Smart Manufacturing. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72304>
- Praveen, B. & Sharma, P. (2020). Climate Change and its impacts on Indian agriculture: An Econometric analysis. *Journal of Public Affairs*, 20 (1), e1972. <https://doi.org/10.1002/pa.1972>
- Producteurs et productrices acéricoles du Québec (PPAQ). (2019). *Statistiques acéricoles 2019—30 ans déjà, plan conjoint* (p. 34). Producteurs et productrices acéricoles du Québec (PPAQ). https://ppaq.ca/app/uploads/2020/10/Dossier_economique-Statistiques_2019.pdf
- Pulvérisateur modifié : L'agriculture de précision à sa plus simple expression selon M. Paul Caplette.* (2020, May 1). <https://www.youtube.com/watch?v=Ng3I8d-UXNg&feature=youtu.be>
- Radio-Canada. (2017, January 14). Le manque de relève agricole, un défi de taille pour les futurs agronomes. *Radio-Canada.ca*. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1010902/releve-agricole-agronomes-quebec>
- Rigg, J., Phongsiri, M., Promphakping, B., Salamanca, A. & Sripun, M. (2020). Who will tend the farm? Interrogating the ageing Asian farmer. *The Journal of Peasant Studies*, 47(2), 306—325. <https://doi.org/10.1080/03066150.2019.1572605>
- Rousseau, H-P., (2020). *Le panier bleu : Un outil pour accélérer la transition numérique et écologique du Québec* (N° 2020RB-06; Rapport Bourgogne, ISSN 1701-9990). Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO). <https://www.cirano.qc.ca/fr/sommaires/2020RB-06>
- Royer, A., De Marcellis-Warin, N., Peignier, I., Mondin, C., Panot, M., (2020). *Gouvernance des données au sein de l'industrie laitière québécoise : Perceptions et enjeux* (N° 2020RP-06; Rapport de projet, ISSN 1499-8629). Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO). <https://cirano.qc.ca/fr/sommaires/2020RP-06>
- Royer, A., De Marcellis-Warin, N., Peignier, I., Warin, T., Mondin, C., Panot, M., (2020). *Les enjeux du numérique dans le secteur agricole - Défis et opportunités - CIRANO* (No. N° 2020RP-12; Rapport de projet, ISSN 1499-8629). Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO). <https://cirano.qc.ca/fr/sommaires/2020RP-12>
- Saiz-Rubio, V., & Rovira-Más, F. (2020). From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management. *Agronomy*, 10(2), 207. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020207>
- Sandler, R. (2017, July 4). How the iPhone changed the telecommunications industry. *USA Today*. <https://www.usatoday.com/story/tech/news/2017/07/04/how-iphone-changed-telecommunications-industry/103154146/>

- Sargeant, R. (2019, August 26). AI Safety: Correcting 200,000 years of human error. *Faculty*. <https://faculty.ai/blog/ai-safety-correcting-200000-years-of-human-error/>
- Soon, J. M., Krzyzaniak, S. C., Shuttlewood, Z., Smith, M. & Jack, L. (2019). Food fraud vulnerability assessment tools used in food industry. *Food Control*, 101, 225–232. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.002>
- StartUs Insights. (2018, December 19). 8 Blockchain Startups Disrupting the Agricultural Industry. *StartUs Insights*. <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/8-blockchain-startups-disrupting-the-agricultural-industry/>
- Statcounter GlobalStats. (2020, October). *Search Engine Market Share Worldwide—October 2020*. StatCounter Global Stats. <https://gs.statcounter.com/search-engine-market-share>
- Strain, M. (2020, September 27). Better Buy: Shopify vs. Amazon. *The Motley Fool*. <https://www.fool.com/investing/2020/09/27/better-buy-shopify-vs-amazon/>
- Sylvester, G., International Telecommunication Union & Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). *E-Agriculture in action—Blockchain for agriculture: Opportunities and challenges*.
- Thompson, B. (2017, September 26). Defining Aggregators. *Stratechery by Ben Thompson*. <https://stratechery.com/2017/defining-aggregators/>
- Thompson, B. (2018, May 15). The Moat Map. *Stratechery by Ben Thompson*. <https://stratechery.com/2018/the-moat-map/>
- Thompson, B. (2019, July 11). Shopify and the Power of Platforms. *Stratechery by Ben Thompson*. <https://stratechery.com/2019/shopify-and-the-power-of-platforms/>
- Thompson, B. (2020, November 3). Is the Internet Different? *Stratechery by Ben Thompson*. <https://stratechery.com/2020/is-the-internet-different/>
- Tibola, C. S., de Silva, S. A., Dossa, A. A. & Patrício, D. I. (2018). Economically Motivated Food Fraud and Adulteration in Brazil: Incidents and Alternatives to Minimize Occurrence. *Journal of Food Science*, 83(8). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1750-3841.14279>
- Tremblay, D. (2020, October 18). Agriculture : Un robot d’ici bientôt prêt à prendre la relève. *Le Journal de Québec*. <https://www.journaldequebec.com/2020/10/18/un-robot-dici-bientot-pret-a-prendre-la-releve>
- Union des producteurs agricoles (UPA), & ÉcoRessources. (2017). *L’agriculture au Québec, un potentiel de développement à exploiter — Évaluation du potentiel de croissance 2016-2025 en agriculture et de l’effet de cette croissance sur les retombées économiques du secteur* (p. 51). https://www.upa.qc.ca/wp-content/uploads/filebase/fr/memoires/UPA_Rapport-croissance_Final-ecoressources-2017-02-08.pdf

- Union européenne (UE). (2016). *Déclaration de Cork 2.0 — Pour une vie meilleure en milieu rural*. 12. <https://doi.org/doi:10.2762/839519>
- Utkin, M., & eFarmer B. V. (2018, June 28). *Farming as a service (FaaS)—New business model in agriculture*.
- v. Schönfeld, M., & Bittner, L. (2018). Big Data on a Farm—Smart Farming. In *Big Data in Context*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-62461-7>
- Vanlauwe, B., Six, J., Sanginga, N., & Adesina, A. A. (2015). Soil fertility decline at the base of rural poverty in sub-Saharan Africa. *Nature Plants*, 1(7), 1–1. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.101>
- West, D. M., Allen, J. R. & The Brookings Institution. (2018). *How artificial intelligence is transforming the world*. <https://www.brookings.edu/research/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-world/>
- When Food Meets Blockchain*. (n.d.). [Visioconference]. <https://www.youtube.com/watch?v=Yy2b2VBsrag>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming—A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Wood, S. L. R., Rhemtulla, J. M. & Coomes, O. T. (2017). Cropping history trumps fallow duration in long-term soil and vegetation dynamics of shifting cultivation systems. *Ecological Applications*, 27(2), 519–531. <https://doi.org/10.1002/eap.1462>
- Wu, T. (2020, November 11). Reviewing Ben Thompson’s Stratechery. *Superwuster Medium*. <https://superwuster.medium.com/reviewing-ben-thompsons-stratechery-45b545dd959>
- Zetsche, D. A., Buckley, R. P., Barberis, J. N., & Arner, D. W. (2017). Regulating a Revolution: From Regulatory Sandboxes to Smart Regulation. *Fordham Journal of Corporate and Financial Law*, 23, 31.
- Zhang, Q. & Auernhammer, H. (2016). *Precision agriculture technology for crop farming*.

Annexe – Rapport *État de la connectivité des terres agricoles au Québec*

par Mathieu Lemay et Digital Ubiquity Capital, 10 novembre 2020



État de la connectivité des terres agricoles au Québec

Sommaire d'information

**Mathieu Lemay
10 Novembre 2020**

La diffusion de ce rapport est autorisée sous condition d'en indiquer la source
Digital Ubiquity Capital

DIGITAL UBIQUITY CAPITAL

Digital Ubiquity Capital apporte des solutions d'investissement différenciées, notamment des partenariats avec des investisseurs nationaux et mondiaux de premier plan, qui ont pour objectif de réduire la fracture numérique que vivent les régions au Canada.

Nos plateformes intelligentes et nos structures reproductibles s'inspirent des meilleures pratiques mondiales pour **évaluer** les projets de connectivité, **isoler** les risques et **partager** la valeur tout en assurant le retour sur investissement attendu.

Pour toute demande d'informations additionnelles relatives à ce rapport, veuillez communiquer avec :

Mathieu Lemay, Chef de la stratégie et Co-fondateur

mlemay@digitalubiquitycapital.com

Ligne directe : 819-319-2945

Digital Ubiquity Capital

ou

Marc-André Nadeau, CF, CEO et Co-fondateur

mnadeau@digitalubiquitycapital.com

Ligne directe : 514-979-3111

Digital Ubiquity Capital

Contenu

| Section | Description | Page |
|-------------------|---|------|
| Méthodologie | Bases de données consultées | 4 |
| Faits saillants | Principales statistiques inférées | 5 |
| Cartes et données | Représentation spatiale de la connectivité par territoire | 6 |
| Conclusion | Constats généraux | 10 |

Méthodologie

Cette étude sommaire a été produite à partir des sources de données suivantes:

- Base de données nationale d'Industrie Canada relativement aux services Internet à large bande (National Broadband Data);
- Base de données des parcelles et productions agricoles déclarées (BDPPAD);
- Les mesures empiriques de CIRA (Internet Performance Test) compilées par les utilisateurs d'Internet au Canada actuellement branchés.

Ces données, une fois agrégées, ont permis d'inférer certaines statistiques générales au regard d'une part, de la disponibilité ou non de la connectivité pour les parcelles de terres agricoles du Québec et d'autre part, au niveau de la rapidité d'une telle connectivité si elle existe.

Ces données ne permettent cependant pas d'identifier avec exactitude la nature et le type d'opérations agricoles ni le nombre exact de fermes desservies ou non par la connectivité.

Au besoin, nous serons heureux de fournir un complément d'information.

Mathieu Lemay

Chef de la stratégie et Co-fondateur

Faits saillants

Les critères de connectivité établis au Canada par le CRTC requièrent pour les services sans fil une vitesse minimale de 25Mbps en téléchargement (amont) et de 5Mbps en téléversement (aval). Pour les infrastructures filaires, la capacité minimale doit être de 50Mbps en téléchargement et de 10Mbps en téléversement.

Compte tenu que les parcelles agricoles sont desservies de façon générale au Québec par des réseaux de connectivité utilisant une technologie sans fil, nous retiendrons donc les critères de 25Mbps en téléchargement (amont) et de 5Mbps en téléversement (aval) à titre d'objectifs de référence.

Prenant en considération ces critères et les données colligées à partir des sources de données ci-avant énumérées, nous pouvons conclure qu'approximativement 23.4% des terres agricoles qui se situent dans des régions non desservies ou sous-desservies au plan de la connectivité ne rencontrent pas les critères minimums édictés par le CRTC.

Nous pouvons également conclure que même si 76.6% des terres agricoles sont situées dans des régions considérées comme bien desservies au regard des critères du CRTC, les données empiriques plus précises émanant des tests de connectivité nous permettent de conclure que 68.3% de ces fermes reçoivent un service en deçà du critère minimum de 25Mbps.

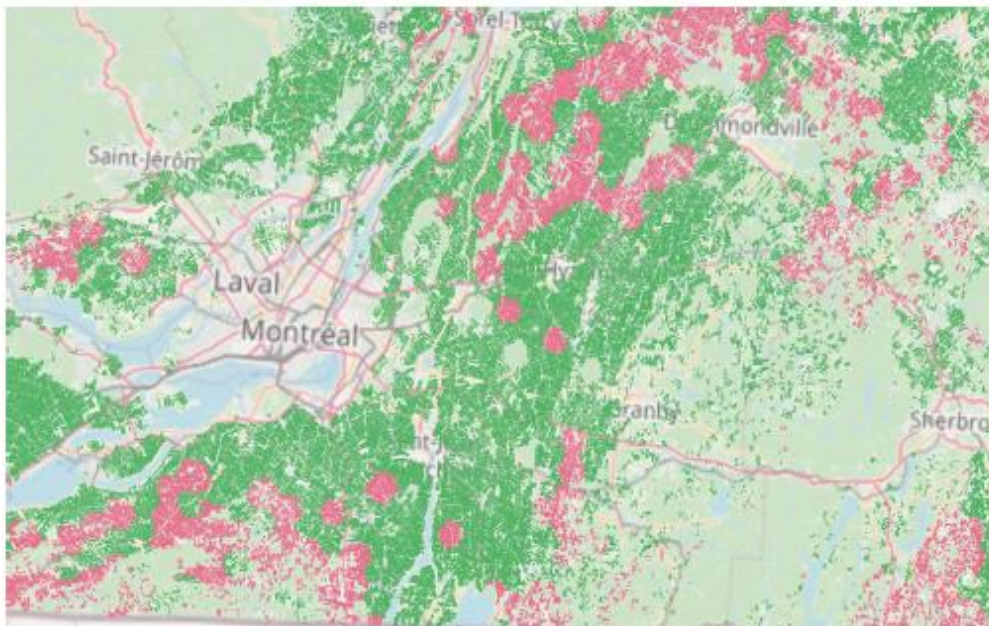
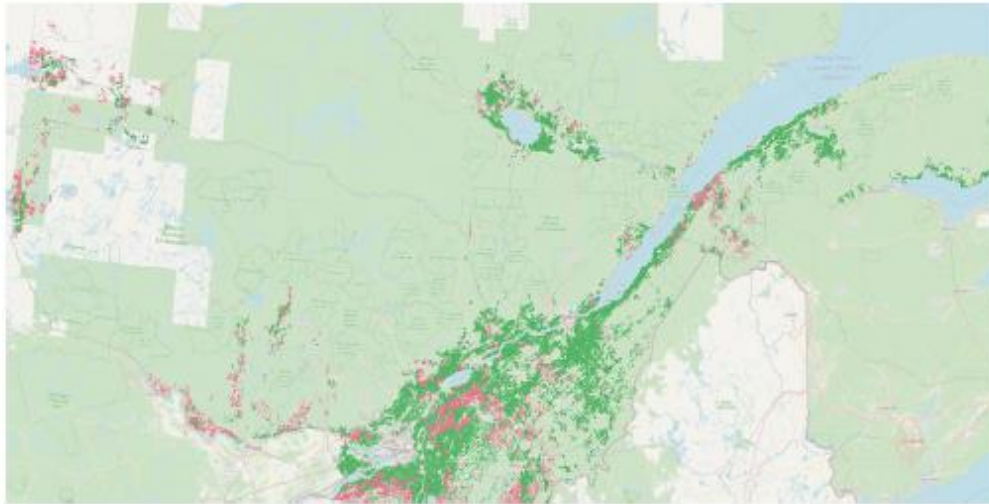
Tel qu'indiqué par le CRTC, le niveau de connectivité minimum de 25Mbps, quoique adéquat pour permettre aux citoyens d'accéder à leurs courriels et d'organiser des sessions de vidéo conférence de façon limitée, n'est pas suffisant pour permettre l'accès aux nouvelles technologies en agriculture de précision ni les applications requérant une plateforme infonuagique qui est maintenant devenue la norme dans le monde agricole.

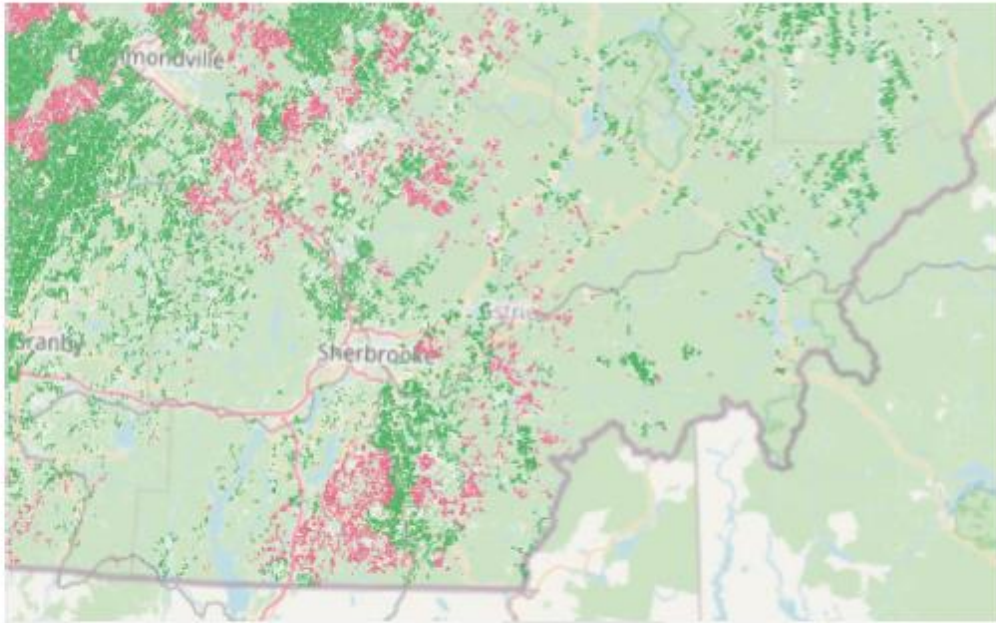
En final, nous pouvons conclure qu'à partir des données empiriques provenant des parcelles agricoles situées dans les zones non desservies ou mal desservies, 93.3% des tests ne rencontrent pas le minimum de 25Mbps en téléchargement. À ce chapitre, il est important de souligner une seconde problématique: les applications technologiques dans le domaine agricole requièrent de plus en plus une capacité de téléchargement et de téléversement « symétrique », c'est-à-dire où les vitesses en aval et en amont devraient être similaires. À titre d'exemple, cette symétrie est devenue essentielle pour des applications permettant notamment l'analyse des données par des tiers (clients, fournisseurs, sous-traitants, etc.), des téléconférences, l'échange de documentation technique de grande taille et finalement, la transmission d'informations recueillies aux fins de vérifications en temps réel.

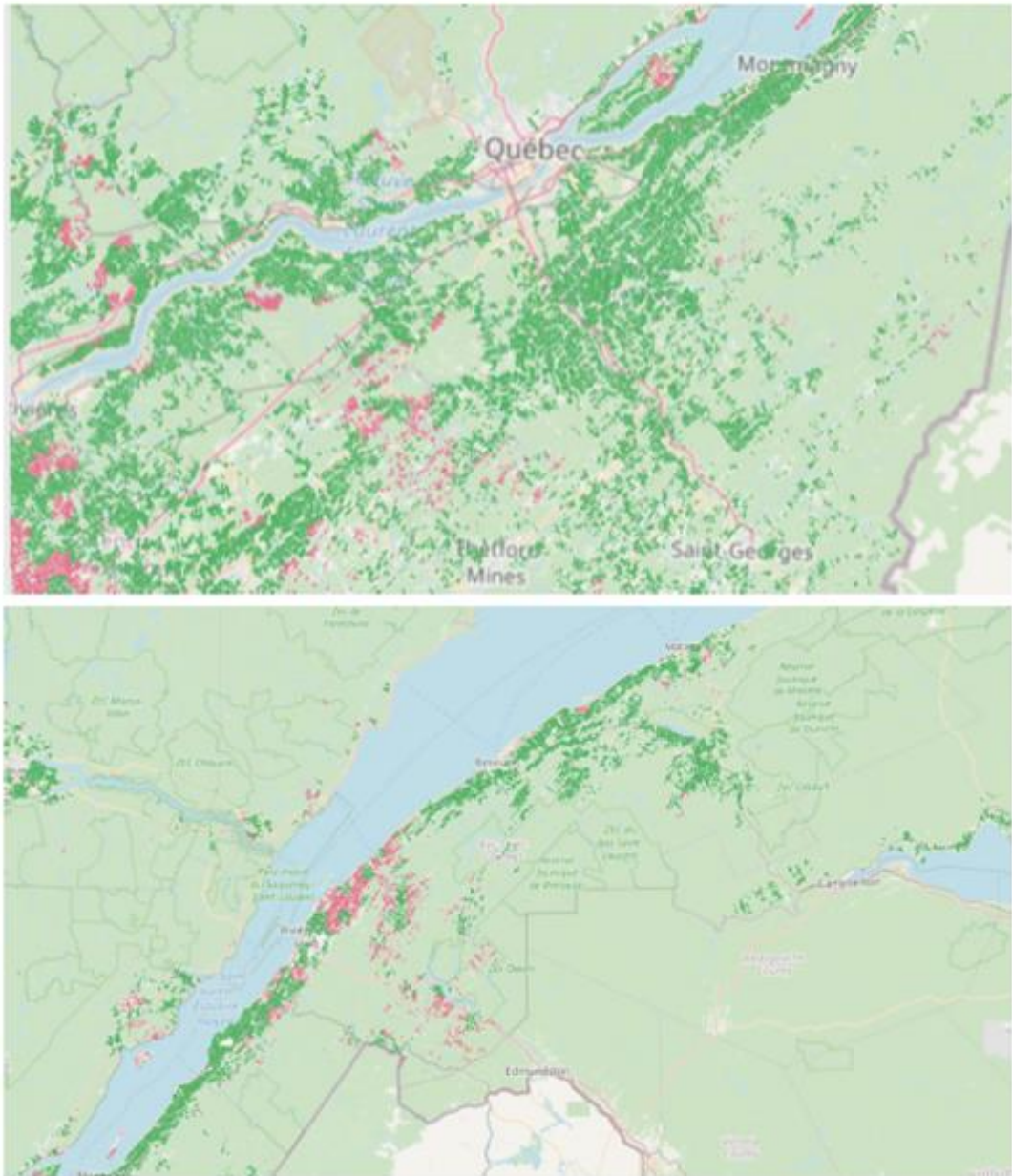
Cartes et Données

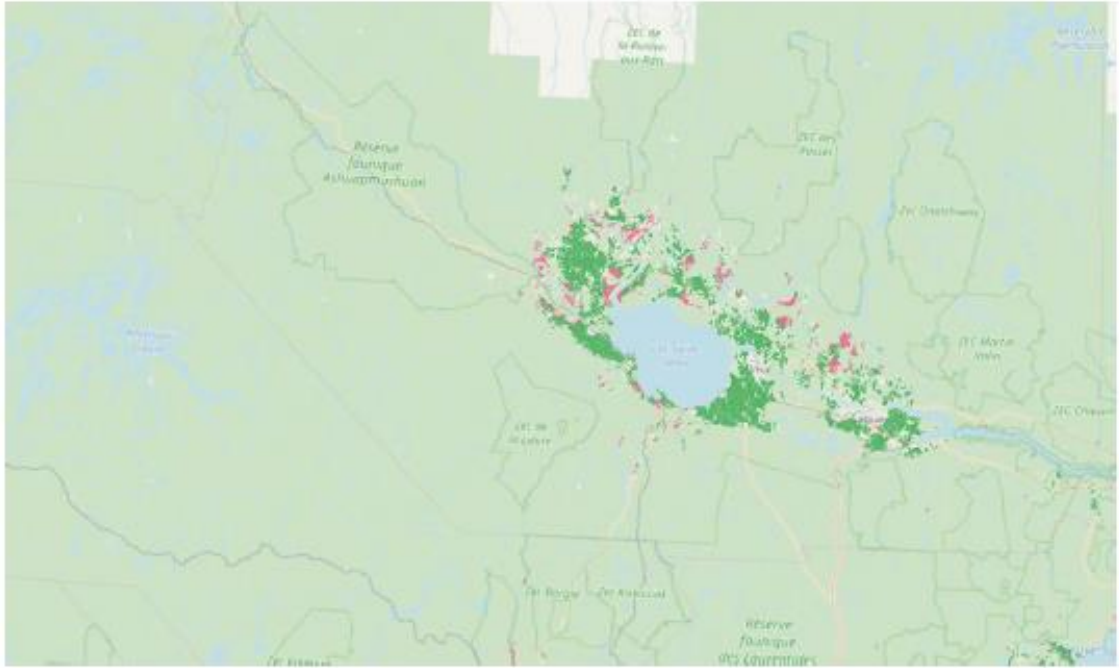
Les zones vertes représentent les parcelles agricoles desservies avec un minimum de 25Mbps/5Mbps alors que les zones rouges représentent les parcelles agricoles non desservies ou sous-desservies.

Les statistiques précises au regard de la présence ou non de la connectivité pour chacune des régions et sous-régions du Québec de même que de la qualité de cette connectivité, si elle existe, sont disponibles et pourront être fournies sur demande.









Conclusion et constats généraux

Bien que préliminaires et sommaires, les constats généraux édictés dans ce rapport permettent de conclure hors de tout doute que le faible accès à la connectivité pour les parcelles agricoles situées au Québec de même que la qualité de cette connectivité ne rencontrent pas les critères minimums édictés par le CRTC.

Le problème d'accès à une connectivité de qualité limite de façon importante les capacités des agriculteurs à faire face aux changements technologiques qui s'accroissent au sein de leur industrie et affecte directement leur capacité à créer la valeur essentielle au maintien et au développement de leurs activités.

Le problème d'accès à une connectivité de qualité est particulièrement vrai pour les régions situées en Abitibi, dans le Nord de l'Outaouais et dans les zones limitrophes à la frontière américaine. Une analyse granulaire des données disponibles pourrait être utile afin d'orienter de façon plus précise toute stratégie nationale à cet égard.

Fin du rapport

Mathieu Lemay