

A photograph of a man and a woman standing in a vast, green field under a bright sky. The man is on the left, wearing a blue shirt and a dark vest, holding a drone controller. The woman is on the right, wearing a white shirt and a hat, looking at a tablet. A drone is flying in the air between them.

La prochaine frontière du Canada en matière de développement durable :

Favoriser la transformation
numérique grâce à la connectivité

Contenu

Sommaire	3
Introduction	8
Comprendre le paysage de la durabilité au Canada	9
Arguments en faveur de la transformation numérique dans le cadre de la solution de développement durable	13
Qu'est-ce que la transformation numérique?	13
Quel est le rôle de la connectivité?	14
Comment la transformation numérique axée sur la connectivité accélère-t-elle les répercussions sur la durabilité?	19
Comment l'industrie peut tirer parti de la transformation numérique pour avoir un plus grand impact	23
Pétrole et gaz	24
Mines	29
Agriculture	34
Défis et possibilités d'adoption	40
Approches mondiales et leçons apprises	43
Conclusion	46

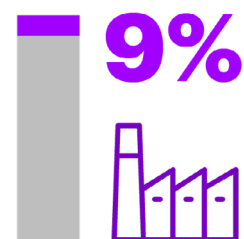
Sommaire

La publication de 2020 d'Accenture, *Accélération de la 5G au Canada : Le rôle de la 5G dans la lutte contre les changements climatiques*¹, prédisait comment la technologie 5G rendrait les réseaux sans fil plus efficaces et quantifiait le potentiel total de réduction des émissions de carbone. Dans cet article subséquent, nous expliquons le rôle que la connectivité moderne peut jouer dans l'atteinte des objectifs de durabilité du Canada, en mettant l'accent sur le potentiel plus vaste de réinvention de l'industrie, et nous présentons des analyses approfondies de secteurs particuliers.

Les phénomènes météorologiques violents comme les inondations, les feux de forêt, les vagues de chaleur, les sécheresses et les ouragans sont devenus plus fréquents au cours des dernières années. Par conséquent, nous subissons déjà les répercussions économiques et les coûts associés aux changements climatiques.

Le Canada a signé l'Accord de Paris en 2015, s'engageant à atteindre l'objectif de carboneutralité d'ici 2050, avec un jalon provisoire pour atteindre des réductions de 40 à 45 % d'ici 2030². Bien que des progrès aient été réalisés en vue d'atteindre ces objectifs à ce jour, **les émissions n'ont diminué que de 9 %**³. En même temps, le Canada est confronté à la consommation de ressources naturelles⁴ et produit plus de déchets industriels par habitant que tout autre pays.

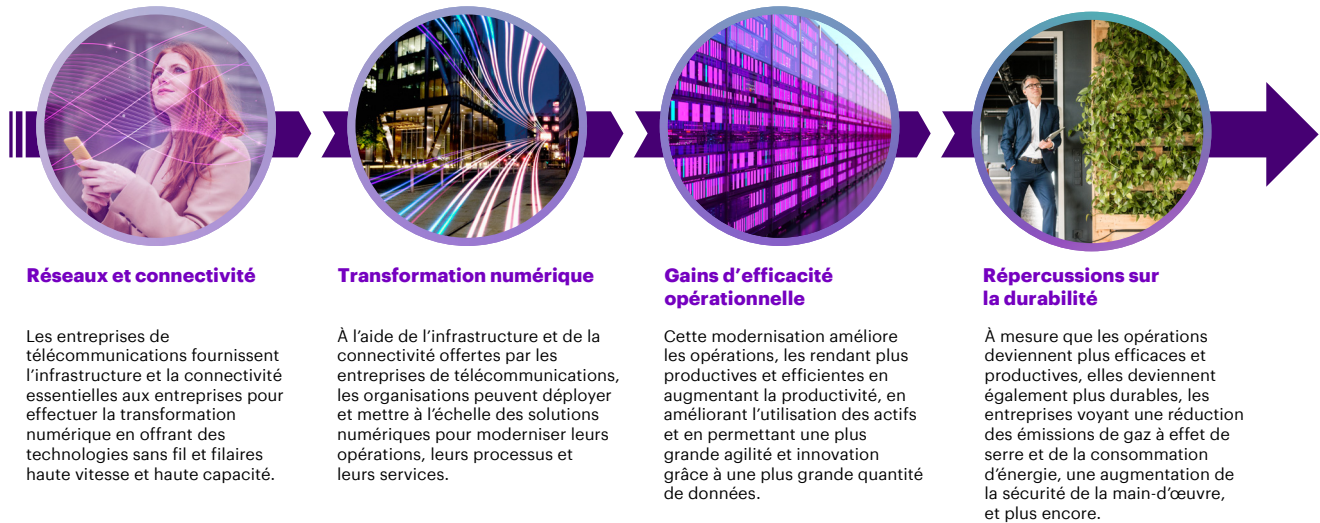
Les entreprises génèrent aujourd'hui approximativement 70% des émissions de gaz à effet de serre du Canada et ont un rôle important à jouer dans la construction d'un avenir plus durable pour l'environnement et la société^{6a}. Bien que les défis climatiques et environnementaux d'aujourd'hui n'aient pas été négligés, les programmes et les politiques du gouvernement ciblant l'industrie ont souvent mis l'accent sur l'énergie renouvelable et les technologies propres qui, bien qu'importantes, ne sont qu'une partie de la solution⁷.



Les émissions n'ont diminué que de 9% quant à la cible de carboneutralité⁵

a. Exclut 30% des émissions provenant des ménages et du transport de passagers

Comment la connectivité favorise la transformation numérique qui a une incidence sur la durabilité



La transformation numérique – la réinvention des industries canadiennes alimentée par la technologie et un noyau numérique – est un levier négligé qui peut renforcer les stratégies actuelles. Grâce à la transformation numérique, les activités peuvent devenir plus productives, en maintenant ou augmentant la production avec moins d'intrants ou de déchets, et réduisant la consommation d'énergie et de carburant. Grâce à l'accès à de meilleures données sur leurs activités, les entreprises peuvent également améliorer leurs processus au fil du temps, ce qui favorise l'amélioration continue de l'efficacité et de la durabilité.

Les services de connectivité, rendus possibles par les réseaux filaires et sans fil modernes, constituent une base importante qui rend cette transformation possible. Plus précisément, les réseaux modernes sans fil et filaires assurent la croissance exponentielle de la bande passante et de la vitesse, des connexions simultanées et de la fiabilité nécessaires pour alimenter l'IdO, les données et l'IA, ainsi que l'informatique en nuage dans tous les secteurs de l'industrie.

Impact sur la durabilité de la transformation numérique axée sur la connectivité

Cette intersection entre la connectivité, la modernisation de l'industrie et la durabilité prend deux formes principales, soit l'intégration de nouveaux appareils connectés aux activités opérationnelles et la facilitation d'une transformation plus vaste de l'entreprise.

Dispositifs connectés : L'Internet des objets, les capteurs et la robotique jouent un rôle important pour rendre les processus plus efficaces, qu'ils soient intégrés directement aux processus industriels pour simplifier les opérations, fournis aux travailleurs pour accroître leur productivité et leur sécurité, ou déployés en tant qu'actifs autonomes. Voici quelques exemples :

- **Actifs connectés :** Déployer d'énormes quantités de capteurs réseau sur de l'équipement et des biens dans le cadre d'opérations à grande échelle, alimenter des jumeaux numériques avec de riches données opérationnelles et réduire les temps d'arrêt en optimisant la production⁸.
- **Parcs de véhicules connectés :** Relier les véhicules de parcs existants ou déployer des véhicules autonomes avec de riches capacités télématiques, optimiser les voies de transport pour réduire la consommation de carburant de 20 %, et améliorer la traçabilité des intrants et des extrants dans les chaînes d'approvisionnement⁹.
- **Travailleur connecté :** Doter la main-d'œuvre de dispositifs portables et autres pour fournir des informations contextuelles ou des superpositions de réalité étendue, accroître la collaboration et améliorer la productivité, ce qui peut réduire le gaspillage de 10 % tout en augmentant la sécurité de la main-d'œuvre¹⁰.
- **Robotique et automatisation :** Déployer des robots connectés ou des drones autonomes qui peuvent remplacer les processus manuels et travailler de façon fiable et efficace, entraînant des gains de productivité dans les environnements industriels lourds.

Habilitation des entreprises : En plus de la transformation au moyen de cas d'utilisation particuliers et du déploiement d'appareils physiques, la connectivité alimente également une réinvention plus vaste des entreprises, avec des avantages qui se font sentir dans l'ensemble de l'organisation :

- **Transition vers le nuage :** Le transfert des charges de travail vers le nuage n'est possible qu'avec une solide infrastructure de réseau; ce faisant, les entreprises peuvent adapter leur utilisation des ressources à la demande exacte, ce qui se traduit par une efficacité énergétique de 93 % et une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 98 % par rapport aux centres de données traditionnels¹¹.
- **Prise de décisions fondées sur les données et IA :** Grâce à la capacité accrue de transférer de grandes quantités de données sur le réseau, les organisations peuvent prendre des décisions plus éclairées et axées sur l'analyse dans l'ensemble de l'entreprise, améliorer la visibilité de leurs propres émissions et intégrer l'IA comme multiplicateur de force, entraînant une réduction des efforts et de l'énergie gaspillés.
- **Transformation de la main-d'œuvre :** Réinventer les façons traditionnelles de travailler avec un réseau et une infrastructure fiables pour permettre une main-d'œuvre souple et active à distance, réduisant les émissions pour se rendre au travail et la consommation d'énergie pour alimenter les installations de travail.

Impact de la durabilité dans l'industrie

La transformation numérique alimentée par la connectivité peut générer des avantages opérationnels et durables pour chaque industrie au Canada. Pour le présent article, nous illustrons davantage ce potentiel d'impact en analysant les industries du pétrole et gaz, des mines et de l'agriculture.

Pétrole et gaz

L'industrie pétrolière et gazière est essentielle à l'économie du Canada, et les producteurs ont pris des mesures pour devenir plus durables au cours des dernières années, réduisant ainsi les émissions dans leur cheminement vers la carboneutralité. La connectivité, et la transformation numérique qu'elle permet, est une partie importante de la réalisation de cet objectif, avec des possibilités dans toute la chaîne de valeur d'utiliser des capteurs et des drones pour surveiller les pipelines et l'équipement, prendre de meilleures décisions en temps réel avec des jumeaux numériques et l'IA, et d'obtenir des données sur les opérations et les émissions. Cela permet aux producteurs de réduire leur consommation d'énergie et leur empreinte environnementale, en plus d'améliorer la sécurité des travailleurs. Plus précisément, l'entretien prédictif des appareils de forage pétrolier peut limiter considérablement le temps d'arrêt inutile et la consommation d'énergie, tandis que les jumeaux numériques qui tirent parti de la maintenance prédictive peuvent optimiser les paramètres de forage et réduire¹².

En saisissant ces occasions et d'autres possibilités de transformation, l'industrie pétrolière et gazière peut stimuler une croissance plus durable, tout en continuant d'alimenter les besoins énergétiques du Canada.



Réduction de 20% de la consommation de combustible gaspillée grâce aux maintenance prédictive¹²

Mines

L'industrie minière du Canada fait face à une demande en hausse pour ses minéraux essentiels, et les sociétés minières veulent répondre à cette demande en gardant à l'esprit la durabilité. Les activités minières sont souvent menées dans des endroits très éloignés avec une topographie difficile et des processus à forte consommation d'eau et d'énergie pendant l'extraction, la production et le raffinage. Le secteur minier est de plus en plus déterminé à relever ces défis environnementaux et à créer des milieux de travail plus sécuritaires sur place pour protéger et habiliter sa main-d'œuvre. La modernisation des activités, rendue possible par les réseaux filaires et sans fil à haute vitesse, est un levier important pour y parvenir et peut prendre la forme de travailleurs et d'actifs connectés, de camions de transport autonomes et d'une transformation plus vaste de l'entreprise. La connectivité alimente de nouvelles solutions pour certains des défis les plus critiques en matière de durabilité propres à l'exploitation minière, y compris l'atténuation des émissions fugitives et la gestion des bassins de résidus, avec une diminution de 90 % des incidents¹⁴. Ces possibilités, ainsi que d'autres occasions de transformation, peuvent contribuer à un brillant avenir pour l'industrie minière et le Canada.



Diminution de 90% des incidents grâce aux solutions de gestion des bassins de résidus, basées sur les réseaux¹⁵

Agriculture

Pour répondre de façon durable à la demande alimentaire croissante, les fermes doivent surmonter les défis liés à la gestion des cultures et du bétail, aux pénuries de main-d'œuvre et à la visibilité de la chaîne d'approvisionnement. L'avenir de l'agriculture s'oriente vers des niveaux accrus d'automatisation et des essais d'appareils connectés, qui peuvent aider les agriculteurs à gérer leur exploitation plus efficacement, tout en réduisant leur impact environnemental. Grâce aux réseaux filaires et sans fil à haute vitesse, les agriculteurs peuvent tirer parti de la puissance de l'informatique en nuage pour contenir leurs coûts et leur consommation d'énergie tout en libérant la puissance des informations et de l'automatisation en temps réel, y compris par l'agriculture de précision, les tracteurs autonomes, les chaînes d'approvisionnement connectées et la gestion du bétail. Par exemple, les capteurs et les drones peuvent être utilisés pour surveiller et gérer automatiquement les cultures, réduisant ainsi de 20 à 40 % l'utilisation d'eau et d'engrais¹⁶. Avec le temps, les fermes pourront devenir de plus en plus autonomes, ce qui permettra aux agriculteurs de se concentrer sur des tâches à valeur ajoutée et de prendre rapidement de l'expansion pour soutenir la demande accrue de produits agricoles. Pour ce faire, il faut des investissements continus dans les réseaux et la connectivité, ainsi que de l'innovation continue pour s'assurer que les cas d'utilisation sont accessibles à un prix que les fermes peuvent facilement payer, permettant ainsi des pratiques agricoles plus durables.



20~40%

Réduction de 20 à 40% de l'utilisation d'eau et d'engrais grâce à l'agriculture de précision¹⁷

Occasions d'accélération

Même si les entreprises canadiennes ont une occasion immédiate de s'attaquer à ce type de transformation aujourd'hui, la réalisation de tout le potentiel et les avantages sur le plan de la durabilité nécessitent des facteurs habilitants clés. Il est essentiel de continuer à mettre l'accent sur la construction et la mise à niveau de l'infrastructure de réseau de télécommunications pour répondre aux besoins exigeants en matière de connectivité des scénarios d'utilisation avancée et pour veiller à ce que les entreprises, peu importe où elles se trouvent, puissent devenir plus durables. De plus, les fabricants d'appareils et l'écosystème plus vaste des fournisseurs de solutions doivent continuer d'innover et d'accroître la disponibilité de solutions prêtes à être commercialisées qui sont rentables et qui répondent aux besoins propres des secteurs. Les acteurs verticaux de l'industrie, à leur tour, doivent investir dans ces solutions, ainsi que développer et maintenir les compétences nécessaires au sein de leur effectif pour transformer leurs opérations et accroître l'efficacité. Les incitatifs et les programmes publics peuvent également envisager d'élargir leur portée pour encourager la transformation numérique et accélérer davantage les avantages liés à la durabilité. Enfin, une solide stratégie d'évaluation de l'impact de bout en bout peut vérifier les émissions et stimuler l'innovation, la responsabilisation et l'action. Une fois ces éléments en place, le Canada pourra tirer pleinement parti des avantages économiques et durables qu'offre la modernisation de l'industrie et relever de front les défis de demain.

Introduction

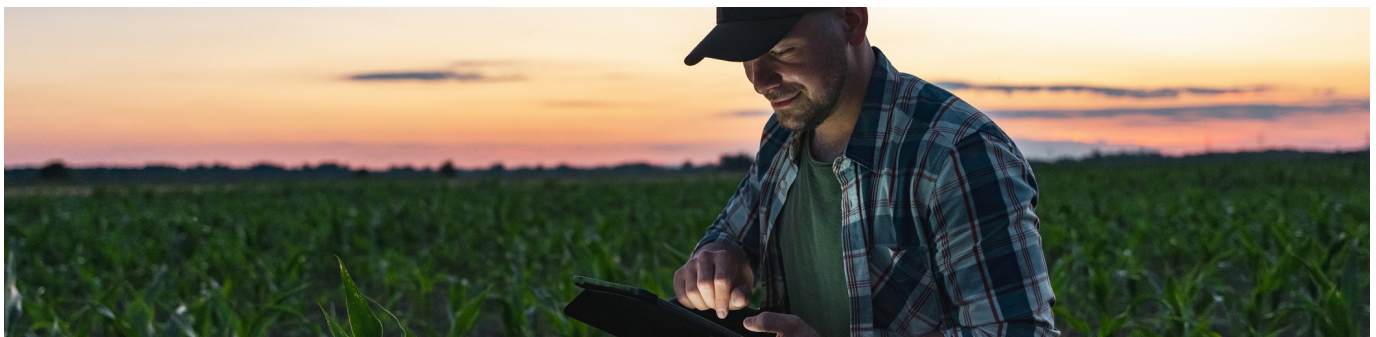


Les phénomènes météorologiques violents comme les inondations, les feux de forêt, les vagues de chaleur, les sécheresses et les tempêtes à fort impact sont devenus plus fréquents au cours des dernières années, entraînant une augmentation des coûts associés aux changements climatiques.

Bien que la crise climatique reçoive déjà beaucoup d'attention, les approches gouvernementales actuelles se concentrent souvent sur les énergies renouvelables et les solutions de technologies propres¹⁸. La transformation numérique est un levier sous-utilisé qui peut aider les entreprises canadiennes à atteindre une plus grande durabilité.

En fin de compte, les entreprises qui modernisent leurs opérations grâce à la transformation numérique peuvent accélérer l'atteinte de leurs objectifs de durabilité en réduisant les émissions de gaz à effet de serre, en réduisant les déchets et l'utilisation des ressources et en augmentant la cybersécurité et la sécurité de la main-d'œuvre. Les réseaux de télécommunications et la connectivité jouent un rôle essentiel dans ce changement, car ils permettent de trouver des façons plus efficaces, efficaces et durables de travailler dans tous les secteurs au Canada.

Les analyses antérieures portaient principalement sur la technologie de la génération précédente, comme la technologie 4G LTE, les répercussions sur la durabilité de la technologie 5G en particulier, et les répercussions sur la durabilité à l'extérieur du Canada. La publication de 2020 d'Accenture, *Accélération de la 5G au Canada : Le rôle de la 5G dans la lutte contre les changements climatiques*, prédisait comment la technologie 5G rendrait les réseaux sans fil plus efficaces et quantifiait le potentiel total de réduction des émissions de carbone. Dans cet article subséquent, nous examinons comment la transformation numérique – alimentée par des réseaux de télécommunications modernes – peut moderniser l'industrie canadienne, comment cela peut contribuer aux objectifs de durabilité du Canada, et les leviers qui existent pour accélérer cet avantage.



Comprendre le paysage de la durabilité au Canada



Environnement et Changement climatique Canada définit le changement climatique comme un « changement à long terme des conditions météorologiques », mesuré par la variation des principaux indicateurs climatiques (p. ex., température, précipitations, vent)¹⁹. Bien que l'activité industrielle soit fondamentale pour l'économie canadienne, les entreprises jouent un rôle essentiel dans l'atténuation des répercussions environnementales au Canada en gérant les émissions de gaz à effet de serre, la consommation de ressources et les déchets.

Émissions de gaz à effet de serre

Les entreprises génèrent directement ou indirectement approximativement 70% des émissions annuelles de gaz à effet de serre du Canada, en raison de leur activité économique. Cela se produit sous plusieurs formes :

1. Les émissions directes provenant de la combustion des énergies fossiles (type I) dans les opérations commerciales, comme la combustion du charbon pour produire de l'électricité.
2. Les émissions indirectes provenant de la consommation d'électricité, de chaleur ou de vapeur achetées (type II) pour les activités commerciales, les sources d'énergie renouvelables (p. ex., énergie éolienne, solaire) ne représentant que 17,3 % de la production d'énergie du Canada²⁰.
3. Les émissions produites en amont et en aval de la chaîne de valeur comme résultat indirect des activités commerciales (type III), comme par les employés qui se rendent au travail, la production et le transport de matières premières ou d'intrants, et la distribution de biens aux clients finaux.

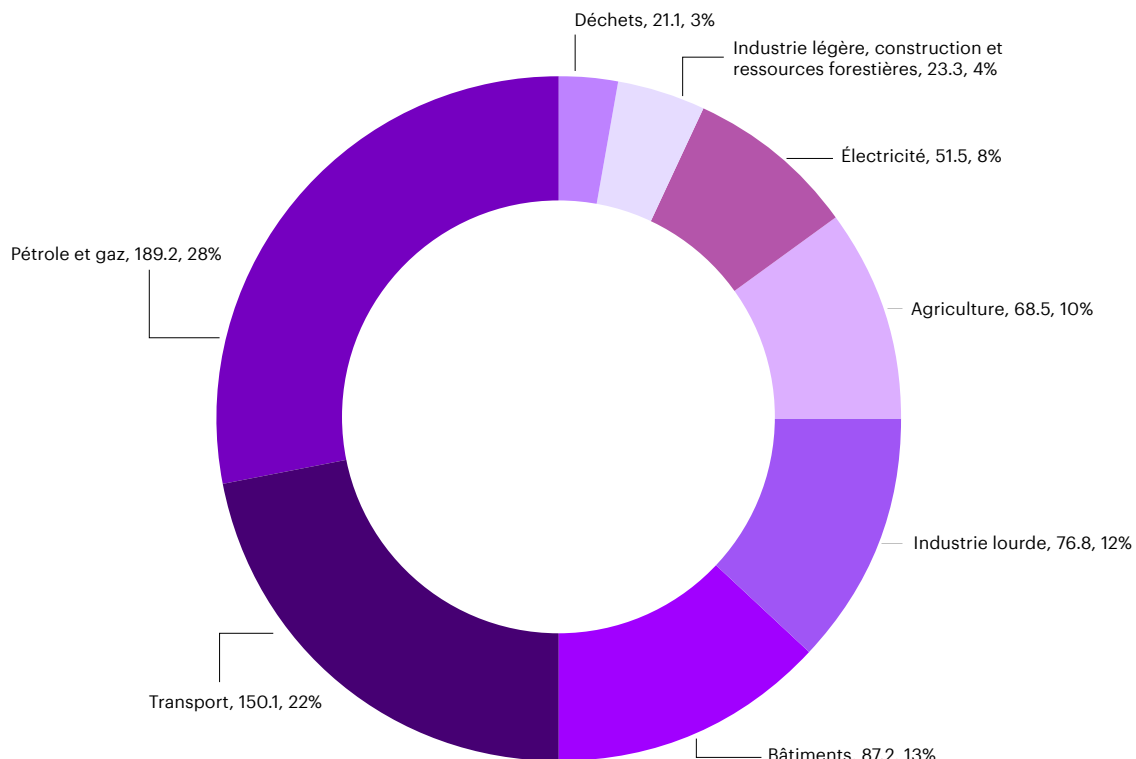


Les entreprises génèrent directement ou indirectement approximativement 70% des émissions annuelles de gaz à effet de serre du Canada²¹

Pour réduire leur impact global sur l'environnement, les entreprises doivent rendre leurs activités plus durables sur les trois plans, en réduisant leur consommation directe de carburant, en limitant le gaspillage d'énergie ou en restructurant leurs chaînes de valeur²². Bien que les défis liés aux émissions touchent tous les secteurs économiques, leur ampleur varie. Le pétrole et gaz, les transports, les bâtiments et l'industrie lourde sont les principaux contributeurs aux émissions globales de gaz à effet de serre du Canada, représentant 75 % du fardeau total. Historiquement, les émissions de type III ont été difficiles à quantifier et à traiter en raison des interdépendances au sein des chaînes de valeur, mais les pays seront bientôt tenus de produire des rapports à ce sujet également.

Ventilation des émissions²³

Ventilation des émissions du Canada (en Mt d'éq. CO₂) par secteur économique en 2021



Le Canada s'est engagé à Paris en 2015, avec d'autres principaux contributeurs mondiaux aux émissions de gaz à effet de serre, à atteindre l'objectif de carboneutralité d'ici 2050, avec un objectif provisoire de réduction des émissions de 40 à 45 % par rapport aux niveaux de 2005 d'ici 2030²³. Pour respecter cet engagement, le gouvernement a fourni des incitatifs (programmes de financement, crédits d'impôt et expertise) et imposé des pénalités (impôts et amendes) pour encourager les entreprises à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, bien que ces programmes aient été axés sur des solutions de technologies propres, comme le captage, l'utilisation et le stockage du carbone (CUSC) et les énergies renouvelables²⁵.

Des groupes de l'industrie ont également formé des alliances et défini leurs propres cibles, conformément aux engagements fédéraux du Canada. Par exemple, la Pathways Alliance²⁶, qui regroupe des producteurs de sables bitumineux responsables de plus de 95 % de la production des sables bitumineux du Canada, s'efforce de réduire les émissions de gaz à effet de serre et vise à atteindre l'objectif de carboneutralité d'ici 2050.

En prenant ces mesures, **le Canada a déjà réduit de 9,3 % ses émissions de gaz à effet de serre par rapport aux niveaux de 2005**²⁷. Toutefois, ce n'est qu'un début, car les progrès actuels ont encouragé les entreprises à être plus conscientes de leurs émissions de carbone et à investir dans les technologies renouvelables, mais elles ne leur permettront pas d'avancer au rythme requis pour atteindre les cibles provisoires et de 2050 du Canada. Étant donné que les émissions générées par l'industrie sont destinées à la production, à la distribution et à la vente d'un plus grand nombre de produits, les entreprises doivent tenir compte de la quantité d'émissions rejetées pour chaque unité de production économique. La réduction des émissions devra dépasser la croissance économique de cinq points de pourcentage par année; autrement dit, si le PIB croît en moyenne de 1,5 % de 2022 à 2030, les émissions devront diminuer d'environ 5 % chaque année pour atteindre la cible de 2030²⁸.

Consommation de ressources et déchets industriels

Au-delà des émissions de gaz à effet de serre, le Canada fait également face à des défis environnementaux dans la gestion des déchets industriels et la consommation des ressources.

Le raffinage du pétrole, la fabrication de produits chimiques et le traitement des métaux constituent une partie des 1,12 milliard de tonnes métriques de déchets industriels du Canada³⁰. Une grande quantité de ces déchets contient des sous-produits toxiques qui peuvent avoir d'autres répercussions sur l'environnement et la santé des Canadiens. Il est prévu que d'ici 2050, les niveaux de déchets industriels mondiaux augmentent de jusqu'à 70% en raison des croissances démographique et économique, des facteurs qui auront également un impact sur le Canada³¹. Malgré cela, il existe peu d'initiatives pour encourager les entreprises à réduire les sous-produits toxiques, ce qui donne lieu à des approches cloisonnées et moins normalisées pour relever ce défi.

En même temps, le Canada consomme des matières naturelles, de l'énergie et de l'eau à des taux parmi les plus élevés au monde et près de 75% des ressources utilisées sont gaspillées³³. Par exemple, 83 % de l'eau totale prélevée des sources d'eau au Canada pour des activités agricoles ne revient pas à sa source d'origine³⁴. Bien que la sensibilisation à cette consommation augmente, les entreprises ont besoin de nouvelles façons de faciliter la réutilisation et la préservation efficaces de ces ressources naturelles.

Le Canada a déjà réduit de

9.3%

ses émissions de gaz à effet de serre par rapport aux niveaux de 2005²⁹

Le Canada produit

1.12 milliards de tonnes

métriques de déchets industriels par année³²

Le gouvernement fédéral réagit à la consommation d'eau au moyen de politiques et de financement visant à promouvoir la réduction de la consommation d'eau dans les secteurs et à encourager la réutilisation pour permettre une économie circulaire. Par conséquent, les jeunes entreprises de technologies propres s'efforcent de relever le défi de la consommation d'eau grâce à des solutions comme l'agriculture verticale, qui consomme 95 % moins d'eau que les processus agricoles traditionnels, en utilisant de l'eau récupérée³⁵. Bien que cela ait donné lieu à certains progrès, les grandes entreprises des industries à forte consommation d'eau ont davantage d'occasions de réduire leur consommation nette d'eau pour faire une plus grande différence dans la résolution du problème, exigeant des changements transformationnels plus importants qui peuvent faciliter la transition vers des opérations plus circulaires³⁶.

Autres dimensions importantes de la durabilité

En plus des besoins environnementaux pressants auxquels le Canada est confronté, il y a d'autres dimensions qui complètent le tableau de la durabilité. Par exemple, la **sécurité de la main-d'œuvre** demeure un défi dans les secteurs industriels en particulier, où de nombreux emplois comportent des dangers en milieu de travail dans le cadre des activités quotidiennes. De même, la **cybersécurité et la résilience** sont importantes non seulement pour protéger les données sensibles des Canadiens, mais aussi pour veiller à ce que notre vie quotidienne et nos activités commerciales puissent se poursuivre sans interruption. La gestion de ces éléments est une étape importante pour bâtir une économie durable.

Despite the efforts made to address Canada's sustainability challenges and the successes achieved to-date, businesses still have an opportunity to drive sustainable impact on a larger scale by conducting transformational change. In the following section, we will examine how Digital Transformation and Connectivity can accelerate progress by providing operational efficiencies that lead to incremental sustainability benefits.

Arguments en faveur de la transformation numérique dans le cadre de la solution de développement durable

Qu'est-ce que la transformation numérique?

La transformation numérique est la réinvention des industries canadiennes alimentées par la technologie et un noyau numérique, entraînant des changements fondamentaux dans la façon dont les entreprises fonctionnent et offrent de la valeur.

L'Internet des objets (IdO) industriel, l'intelligence artificielle (IA), l'informatique en nuage et d'autres technologies numériques ont le potentiel d'améliorer considérablement la productivité en rationalisant directement les processus, en automatisant les opérations et en faisant une meilleure utilisation des données. En tirant parti de la technologie pour produire des extrants identiques ou accrus avec moins d'intrants et de déchets, cette productivité améliorée réduit la consommation de ressources et d'énergie ainsi que les émissions de gaz à effet de serre. Grâce à l'accès à de meilleures données sur leurs activités, les entreprises peuvent améliorer leurs processus au fil du temps, ce qui favorise l'amélioration continue de l'efficacité et de la durabilité.

Comment la connectivité favorise la transformation numérique qui a une incidence sur la durabilité



Réseaux et connectivité

Les entreprises de télécommunications fournissent l'infrastructure et la connectivité essentielles aux entreprises pour effectuer la transformation numérique en offrant des technologies sans fil et filaires haute vitesse et haute capacité.

Transformation numérique

À l'aide de l'infrastructure et de la connectivité offertes par les entreprises de télécommunications, les organisations peuvent déployer et mettre à l'échelle des solutions numériques pour moderniser leurs opérations, leurs processus et leurs services.

Gains d'efficacité opérationnelle

Cette modernisation améliore les opérations, les rendant plus productives et efficaces en augmentant la productivité, en améliorant l'utilisation des actifs et en permettant une plus grande agilité et innovation grâce à une plus grande quantité de données.

Répercussions sur la durabilité

À mesure que les opérations deviennent plus efficaces et productives, elles deviennent également plus durables, les entreprises voyant une réduction des émissions de gaz à effet de serre et de la consommation d'énergie, une augmentation de la sécurité de la main-d'œuvre, et plus encore.

Par exemple, une usine de pièces automobiles peut utiliser des capteurs et des jumeaux numériques pour surveiller et optimiser les processus de production en temps réel. Les capteurs transmettent les données des machines et de l'équipement utilisés pour la création de diverses pièces à des jumeaux numériques, des répliques virtuelles d'opérations d'usine réelles, afin de cerner les goulots d'étranglement et les inefficacités, effectuant des modifications automatiques qui améliorent l'efficacité de la production et réduisent les temps d'arrêt³⁷. En utilisant des capteurs et des jumeaux numériques pour surveiller et optimiser les processus de production, l'usine utilise plus efficacement l'énergie et les ressources naturelles, réduisant ainsi son empreinte de gaz à effet de serre et sa consommation de ressources.

Quel est le rôle de la connectivité?

La connectivité permet les nombreux types de transformation numérique qui nécessitent des quantités importantes de données et de transfert d'information.

Comment la connectivité a rendu possible la transition au numérique



De la transmission par satellite aux réseaux optiques/coaxiaux et sans fil 5G, l'évolution et l'avancement des réseaux ont permis aux entreprises d'être plus efficaces. La connectivité et l'amélioration du rendement des réseaux ont donné aux entreprises les moyens d'adopter de nouvelles façons de faire, de simplifier les processus, d'offrir plus de souplesse au travail aux employés et de mettre sur pied de nouveaux modèles d'affaires. Parallèlement, les réseaux de télécommunications sont devenus plus écoénergétiques et plus durables, afin d'aider les entreprises à faire la transition vers une économie « plus verte ».

Réseaux

Dans le contexte commercial actuel, qui évolue rapidement, les réseaux de télécommunications sont de plus en plus sollicités. Les entreprises ont besoin de vitesses de données plus rapides, d'une latence réduite et d'une couverture accrue pour répondre aux exigences de leurs activités quotidiennes. Comme les données deviennent de plus en plus essentielles aux opérations commerciales, le besoin de réseaux et de connectivité fiables et efficaces n'a jamais été aussi important.



Les réseaux de la prochaine génération permettent la transformation numérique en offrant aux entreprises une bande passante et une vitesse plus élevées, une latence plus faible, un nombre massif d'appareils, ainsi qu'une mobilité et une couverture accrues

Les réseaux de la prochaine génération permettent la transformation numérique en offrant aux entreprises une bande passante et une vitesse plus élevées, une latence plus faible, un nombre massif d'appareils, ainsi qu'une mobilité et une couverture accrues, comparativement aux formes antérieures de connectivité. Nous examinons ci-dessous l'incidence de ces facteurs :

- 1. Bande passante et vitesse des données plus élevées :** Les réseaux modernes offrent des vitesses et une bande passante beaucoup plus élevées que jamais. Selon la dernière étude d'Ericsson sur les perspectives du trafic de données mobiles, le trafic de données en Amérique du Nord devrait croître à un TCAC de 21 % de 2022 à 2028³⁸. Pour répondre à cette demande, les fournisseurs de services de communication ont mis à niveau leurs réseaux filaires afin d'offrir des vitesses plus rapides et ont déployé des réseaux 5G qui contiennent des capacités de large bande mobile améliorée (eMBB). La 5G peut offrir des vitesses de connexion jusqu'à 100 fois plus rapides que les réseaux LTE actuels à 10 Go/s, ce qui permet une diffusion en continu rapide et le transfert de vidéos riches et de grande qualité ainsi que de données industrielles denses³⁹.

Ces vitesses sont essentielles pour libérer le plein potentiel des technologies émergentes, y compris la vision informatique, la réalité étendue (XR) et les jumeaux numériques, qui nécessitent tous un flux de données bidirectionnel élevé. Par exemple, les applications de vision informatique telles que la détection d'objets, la classification d'images contextuelles, la reconnaissance optique de caractères, l'apprentissage profond et plus encore peuvent nécessiter le traitement de flux vidéo haute définition, qui peuvent générer jusqu'à 1 téraoctet de données par heure⁴⁰. De même, les jumeaux numériques nécessitent des mises à jour et une synchronisation constantes entre les modèles physiques et virtuels, où de nombreux appareils simultanés fournissent de grandes quantités d'informations cumulatives. Les réseaux modernes ont augmenté leur capacité pour des débits et vitesses accrues afin de répondre à cette demande et assurer le bon fonctionnement des applications à forte intensité de données.

Exemple : Les usines de fabrication aéronautique peuvent utiliser la réalité augmentée (RA) pour fournir aux travailleurs des conseils visuels et de l'aide en temps réel pendant des processus d'assemblage complexes, ce qui rend les processus plus rapides, plus précis et moins sujets à l'erreur. La détection d'objets et les algorithmes d'apprentissage profond rendus possibles par la vision informatique dans les caméras et les appareils de RA peuvent être utilisés pour suivre la position et l'orientation des pièces d'assemblage en temps réel. La RA peut ensuite superposer des instructions visuelles et des conseils sur le champ de vision de l'utilisateur, en mettant en évidence les outils, les pièces et les étapes d'assemblage appropriés à mesure que l'utilisateur travaille. En utilisant la RA avec la vision informatique, les travailleurs peuvent être formés plus rapidement et plus facilement, et on peut réduire la probabilité d'erreurs et accélérer le processus d'assemblage, réduisant ainsi la consommation d'énergie des lignes de production d'électricité.

- 2. Latence plus faible :** Les réseaux filaires à haute vitesse, avec des connexions physiques directes, ont depuis longtemps une fiabilité élevée et une faible latence, ce qui permet une rétroaction réactive en temps réel. Au cours des dernières années, les réseaux sans fil modernes ont développé des capacités de faible latence ultra-fiables (URLLC), envoyant et recevant des données avec des délais comparables aux connexions filaires et aussi bas que 10 ms⁴¹. Par conséquent, ces capacités sont devenues essentielles au soutien des applications sans fil les plus critiques en matière de temps. Plus précisément, les réseaux 5G sont conçus avec l'informatique mobile en périphérie de réseau (IMPR) dans leur architecture, ce qui permet de traiter les données plus près du site opérationnel d'une entreprise pour une analyse plus rapide, réduisant la latence. Comme les données sont traitées à la périphérie, le trafic sur le réseau demeure local, ce qui est plus rentable pour les entreprises qui ont des cas d'utilisation d'applications avec un traitement élevé de données⁴². Avec les capacités de faible latence ultra-fiables, le temps qu'il faut pour transmettre et recevoir des données permet une action quasi immédiate en périphérie, ce qui aide à améliorer le rendement des robots et des véhicules autonomes, l'inspection de la qualité ainsi que d'autres tâches critiques.

Exemple : Les parcs de véhicules autonomes s'appuient sur des données en temps réel provenant de capteurs et d'autres véhicules pour prendre des décisions concernant la vitesse, les changements de voie et d'autres manœuvres afin d'assurer un fonctionnement sécuritaire et efficace. Cela nécessite un flux constant de données entre 1 ms et 10 ms, permettant au système de commande centralisé de prendre des décisions en temps opportun et de réagir rapidement aux accidents ou aux retards potentiels, et entraînant une augmentation de la productivité découlant de la planification et de l'optimisation des itinéraires en temps réel.

- 3. Prise en charge d'un grand nombre d'appareils :** L'essor de l'Internet des objets (IdO) et la prolifération des appareils intelligents devraient stimuler la croissance des connexions IdO de 1 million à 5 milliards d'ici 2025⁴³. Pour répondre à cette demande, les réseaux modernes ont été conçus pour prendre en charge d'énormes quantités d'appareils connectés simultanément. La 5G permet la communication machine massive (mMTC), connectant jusqu'à 1 million d'appareils par kilomètre carré ayant de faibles besoins en données et une faible consommation d'énergie⁴⁴. En activant un grand nombre de capteurs connectés, la mMTC peut permettre des cas d'utilisation où des capteurs peuvent aider à surveiller les petits changements dans les opérations critiques à des emplacements sur une vaste zone et à y réagir afin de permettre une réponse ciblée en temps quasi réel pour optimiser les processus.

La 5G utilise des entrées multiples et des sorties multiples massives (MIMO), ce qui lui permet d'affecter efficacement les ressources du réseau pour traiter plus efficacement les tâches ou les demandes multiples de nombreux utilisateurs que les générations précédentes de réseaux⁴⁵. Ainsi, les entreprises peuvent connecter beaucoup plus d'appareils en même temps à chaque tour ou nœud sans surcharger des parties du réseau, et tirer parti de l'interopérabilité des appareils. Des cas d'utilisation et des applications numériques fondés sur l'Internet des objets sont alors possibles, y compris la surveillance à distance avancée, les villes intelligentes et les actifs connectés, qui peuvent tous aider les entreprises à simplifier leurs opérations, à réduire les temps d'arrêt et à soutenir de nouveaux modèles d'affaires.

Exemple : Dans les usines de fabrication intelligente, des milliers de capteurs individuels sont utilisés pour surveiller le rendement de l'équipement et détecter les défaillances potentielles à l'avance. En recueillant et en analysant de vastes quantités de données générées par ces capteurs, l'usine peut mettre en œuvre des programmes d'entretien prédictif, planifier les tâches au moment le plus opportun, réduire les temps d'arrêt de 35 à 45 % et accroître la productivité de 25 %^{46 47}.

- 4. Mobilité et couverture accrues :** Les réseaux canadiens ont connu une croissance considérable au cours des dernières années afin d'assurer une connectivité transparente et un accès Internet haute vitesse pour les entreprises, ce qui permet des opérations intérieures et extérieures, en tout temps. Les fournisseurs de services de communication ont étendu la large bande fixe, construit de nouvelles tours de téléphonie cellulaire, installé une technologie satellitaire et déployé de petites installations cellulaires ainsi que des systèmes d'antennes distribuées pour améliorer la couverture et la capacité. Cette expansion a permis aux actifs, aux appareils et aux personnes de travailler d'une façon qui n'était pas possible auparavant, et garantit que les nouveaux appareils demeurent connectés au réseau.

Exemple : En raison de l'expansion des réseaux améliorés, une entreprise de livraison qui s'appuyait autrefois sur des processus manuels pour le suivi et l'expédition des commandes peut maintenant utiliser des appareils mobiles et des capteurs pour suivre les véhicules de livraison et les conducteurs en temps réel et surveiller efficacement les niveaux de stocks. La combinaison de réseaux filaires et sans fil à haute vitesse permet à l'entreprise de livraison d'optimiser ses stocks et ses itinéraires de livraison. Par exemple, l'entreprise peut tirer parti des réseaux cellulaires pour fournir une connectivité mobile à ses conducteurs, tout en utilisant des réseaux câblés pour appuyer ses systèmes de gestion des stocks et de suivi des commandes. Par conséquent, l'entreprise consacre moins de temps aux processus manuels et aux livraisons infructueuses, ce qui réduit son empreinte carbone.

En plus de ces progrès, la conception des réseaux a évolué au fil du temps pour devenir plus écologique et plus durable. Les réseaux sans fil et filaires produisent moins d'émissions que les générations précédentes, car les fournisseurs de services de communication continuent d'investir dans l'efficacité énergétique pour fournir plus de données et de services avec une empreinte réduite⁴⁸. Les réseaux 5G, par exemple, ne nécessitent que 15 % de l'énergie dont un site de téléphonie cellulaire 4G aurait besoin pour transmettre la même quantité d'information⁴⁹. De même, les réseaux fixes à large bande modernes sont beaucoup plus éconergétiques que les formes précédentes, et deviennent de plus en plus efficaces à mesure que les fournisseurs de services de communication déclassent les équipements énergivores existants et simplifient leurs opérations de réseau.

Réseaux privés

Dans certains cas, les entreprises ont des besoins de connectivité hautement spécialisés, et les réseaux privés personnalisés conviennent mieux aux caractéristiques de ces besoins. Cela est particulièrement pertinent dans les cas où les entreprises ont de la difficulté à relier de nombreux sites industriels en raison de leur taille physique et de leur emplacement géographique, comme des terrains très éloignés et difficiles. De même, les entreprises qui ont des configurations d'opérations complexes et des exigences de débit particulières peuvent trouver le Wi-Fi insuffisant, ce qui entraîne des points noirs qu'il est impossible d'éviter, et nuit à la capacité de tirer pleinement parti de l'informatique en nuage.

Dans les deux cas, les réseaux privés peuvent aider les entreprises à répondre à ces besoins de connectivité. Alimentés par la même technologie cellulaire utilisée par les entreprises de télécommunications publiques, ces réseaux ont évolué pour devenir économiques pour les entreprises individuelles qui recherchent des exigences spécialisées en matière de sécurité, de contrôle et de cas d'utilisation essentiels à leur mission.

Les réseaux privés offrent aux entreprises un contrôle complet sur leur infrastructure de réseau, permettant un contrôle spécialisé de la sécurité et de la fiabilité des données et des communications.. Ce niveau de contrôle permet également aux entreprises de personnaliser leur réseau pour répondre à leurs besoins et exigences spécifiques, ce qui améliore l'efficacité et la productivité pour les applications et les cas d'utilisation essentiels à la mission. En outre, les réseaux privés offrent une option alternative pour la couverture et une qualité de signal accrue en raison de l'augmentation de la largeur de bande et des caractéristiques de débit, pour les zones dont la disponibilité du réseau est limitée ou médiocre.

En fin de compte, les réseaux publics et privés présentent leurs propres avantages pour les entreprises et peuvent tous deux permettre la transformation numérique; les entreprises doivent évaluer leurs besoins particuliers pour compléter ou améliorer leur infrastructure actuelle. En tirant parti des réseaux privés, les entreprises peuvent prendre plus rapidement des décisions fondées sur les données qui optimisent les opérations commerciales essentielles. Selon une étude de cas d'Ericsson, les réseaux privés de 5G dans les installations de fabrication permettent de mieux contrôler l'équipement de CVCA et la consommation d'énergie, ce qui entraîne une diminution de 25 % de la consommation d'énergie et de 75% de l'utilisation des eaux usées⁵⁰.

Comment la transformation numérique axée sur la connectivité accélère-t-elle les répercussions sur la durabilité?

Cette intersection entre la connectivité, la modernisation de l'industrie et la durabilité prend deux formes principales, soit l'intégration de nouveaux appareils connectés aux activités opérationnelles et la facilitation d'une transformation plus vaste de l'entreprise.

La transformation numérique au moyen d'appareils connectés

L'amélioration des niveaux de connectivité permet aux entreprises d'avoir une visibilité et un contrôle complets tout au long de leurs activités. L'Internet des objets, les capteurs et la robotique jouent un rôle important dans la simplification des processus inefficaces et l'amélioration de l'efficacité, qu'ils soient intégrés directement aux processus industriels pour simplifier les opérations, offerts aux travailleurs pour les habiliter, ou déployés en tant qu'actifs autonomes.



Les **actifs connectés** comprennent le déploiement de quantités massives de capteurs en réseau sur l'équipement et les actifs dans le cadre d'opérations à grande échelle, l'alimentation de jumeaux numériques avec de riches données opérationnelles et la réduction des temps d'arrêt en optimisant la production grâce à la vision informatique. Cela permet aux entreprises de saisir et de surveiller facilement de riches renseignements et des données de télémessure, ce qui améliore la surveillance en temps réel et optimise le rendement⁵¹. En transmettant aux jumeaux numériques les données en temps réel saisies par ordinateur et en faisant en sorte que les jumeaux utilisent des algorithmes d'IA pour traiter instantanément les données, les entreprises peuvent réduire le temps d'arrêt des opérations essentielles à la mission et améliorer l'utilisation et la capacité des ressources, réduisant ainsi la consommation d'énergie et le gaspillage. De plus, des capteurs connectés spécialisés peuvent être installés sur l'équipement d'exploitation pour recueillir des données sur la consommation d'énergie, la gestion des déchets, la consommation d'eau et d'autres paramètres de durabilité, surveillant et mesurant directement les niveaux d'émissions de gaz à effet de serre de type I et II ainsi que les déchets et d'autres impacts.

L'installation du phare Framingham de Sanofi, qui est une installation de fabrication continue à technologie numérique, est un exemple d'actif connecté. Des jumeaux numériques sont utilisés par l'entreprise pour effectuer la fabrication à distance, en utilisant la saisie de données en temps réel pour alimenter l'analyse de scénarios et déterminer la configuration optimale de la production. Avec des scénarios optimisés utilisés dans le monde réel, l'usine est 80 fois plus productive qu'une usine traditionnelle. Cette productivité accrue a également des impacts significatifs sur le développement durable, entraînant une réduction de 80 % de la consommation d'énergie et des émissions de carbone par année, une réduction de 91 % de la consommation d'eau, une réduction de 94 % de l'utilisation de produits chimiques et une réduction de 321 tonnes de déchets produits par année⁵².



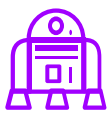
Le **parc de véhicules connectés** comprend la mise à niveau des véhicules existants, ou le déploiement de nouveaux véhicules autonomes, avec de riches capacités de détection et de données télémétriques. Grâce à l'information en temps réel sur le comportement du conducteur, la position du véhicule et l'environnement, les parcs de véhicules peuvent être gérés de façon plus sécuritaire, soit par des humains ou des machines, tout en améliorant le rendement et l'efficacité⁵³. Cela permet d'optimiser les itinéraires de transport et d'améliorer la traçabilité des intrants et des extrants dans les chaînes d'approvisionnement. De plus, les améliorations du réseau poussent les plateformes de gestion de parcs de véhicules à passer de multiples systèmes indépendants de collecte de données à de solides ordinateurs intégrés. Ces ordinateurs peuvent regrouper les données de systèmes disparates et les traiter en temps quasi réel, puis les transmettre au nuage pour stockage et analyse des tendances⁵⁴. Les entreprises qui utilisent des solutions de gestion de parc de véhicules basées sur les capteurs peuvent s'attendre à une optimisation de deux fois de l'efficacité du parc de véhicules et des conducteurs, et à une augmentation de 62 % de la rentabilité globale du parc de véhicules grâce à des renseignements améliorés sur les véhicules et les conducteurs⁵⁵, ce qui peut réduire la consommation de carburant de jusqu'à 20 %⁵⁶.

Coopertrans Logistics a utilisé une solution de gestion de parc de véhicules pour surveiller et analyser les pics de vitesse, les comportements de freinage et d'accélération des conducteurs ainsi que les conditions routières, afin d'assurer le transport sécuritaire de cargaisons de produits chimiques. L'entreprise a très rapidement enregistré une réduction de 80 % des accidents et de 8 % de la consommation de carburant, ce qui a entraîné une amélioration globale de la sécurité et de l'efficacité de son parc de véhicules⁵⁷.



La solution de **travailleur connecté** dote les travailleurs de dispositifs portables et connectés qui fournissent des informations contextuelles ou des superpositions de réalité étendue (XR), afin de permettre une meilleure visualisation des opérations, d'accroître la collaboration et la productivité, et d'améliorer la sécurité de la main-d'œuvre. Les technologies XR offrent aux travailleurs une expérience immersive et interactive pour améliorer leur productivité et leur performance et leur permettent de partager des informations et des données en temps réel, quel que soit leur emplacement physique. Les travailleurs peuvent accéder à des renseignements contextuels, à des conseils et à du soutien en temps réel pour manipuler l'équipement et les biens et collaborer avec des collègues, tout en fournissant des données sur leur environnement à l'entreprise. Pour permettre l'intersection des données de XR et de l'IdO, une solide infrastructure réseau est nécessaire pour permettre des connexions fiables et de haute qualité à de nombreux appareils simultanés.

À titre d'exemple, songez aux installations de fabrication, où les travailleurs portant des lunettes de sécurité intelligentes utilisent la RA pour apprendre à utiliser l'équipement sur les chaînes de production, ainsi qu'aux alertes et aux avis lorsque l'équipement présente un danger pour la sécurité. En tenant les travailleurs mieux informés, l'usine peut maintenir les niveaux de production et éviter les temps d'arrêt inutiles, ce qui se traduit par une consommation nette d'énergie plus faible et une réduction de 10 % des déchets pour une quantité donnée de production, tout en augmentant la sécurité de la main-d'œuvre⁵⁸.



La **robotique et l'automatisation** sont possibles grâce au déploiement de systèmes robotiques connectés, de drones autonomes et d'autres machines pour remplacer les processus manuels et travailler de façon fiable. Ces systèmes sont à leur meilleur lorsqu'ils sont alimentés par un transfert de données fiable et à haute vitesse, ce qui leur permet de répondre à de riches informations visuelles ou autres informations contextuelles dans l'environnement, ainsi qu'à l'information sur d'autres étapes d'un processus industriel. De nombreux systèmes robotiques peuvent bénéficier d'un transfert de données en temps réel à faible latence pour permettre au robot de détecter et de réagir en temps opportun, exécutant des tâches qui nécessitent des mouvements rapides et précis. Ces systèmes fonctionnent 24 heures sur 24, sans pause ni fatigue, et peuvent exécuter les tâches avec plus de précision et d'efficacité, ce qui entraîne une augmentation de la productivité et des délais d'exécution plus rapides.

On peut voir un exemple de la façon dont l'automatisation favorise l'efficacité dans l'industrie de la fabrication, où des robots qui effectuent le traitement et l'analyse de données en temps réel sont utilisés pour effectuer des tâches répétitives comme le soudage, la peinture ou le forage avec une grande précision et une grande efficacité, libérant les travailleurs humains pour qu'ils se concentrent sur des tâches plus complexes qui exigent une pensée critique et des compétences de prise de décisions, entraînant une augmentation de 30 % de l'efficacité de la production⁵⁹. Par conséquent, non seulement la chaîne de production augmente-t-elle considérablement la production, mais elle a aussi besoin de moins d'électricité pour fonctionner.

La transformation numérique par l'habilitation des entreprises

En plus de la transformation au moyen de cas d'utilisation précis et du déploiement d'appareils physiques, la connectivité alimente également la réinvention plus vaste des entreprises en établissant un noyau numérique bâti sur une infrastructure infonuagique moderne, dont les avantages se font sentir dans l'ensemble de l'organisation.



Le **passage à l'informatique en nuage** consiste à déplacer les charges de travail des centres de données traditionnels vers des services infonuagiques évolutifs, ce qui peut transformer fondamentalement les activités de base de bout en bout. Ces environnements infonuagiques ne sont disponibles qu'avec le soutien d'une infrastructure de réseau pour fournir une bande passante, une fiabilité et une sécurité élevées. Grâce à la transformation infonuagique, les entreprises peuvent fonctionner avec plus d'agilité et de souplesse pour répondre à la demande, ce qui réduit les coûts inutiles et les obstacles à l'innovation. Plus important encore, l'informatique en nuage est 93 % plus éconergétique et produit 98 % moins d'émissions de gaz à effet de serre que les centres de données sur place, ce qui fait une différence importante dans l'impact d'une entreprise sur la durabilité⁶⁰.



La **prise de décisions fondées sur les données et l'IA** peuvent avoir un effet plus important, car les entreprises sont en mesure de saisir et de transférer efficacement de grandes quantités de données sur les réseaux. Cela permet aux organisations de prendre des décisions plus éclairées, analytiques et alimentées par l'IA dans l'ensemble de l'entreprise, sur la façon de rendre les opérations plus efficaces et de réduire les émissions de carbone, des déchets et de la consommation d'eau. En plus des renseignements sur les activités de base et la productivité, les entreprises peuvent également agir en fonction de renseignements stratégiques sur le carbone en particulier, en rassemblant des sources de données disparates sur les TI et les TO afin d'élaborer des perspectives approfondies de bout en bout sur la production de carbone et de cerner plus facilement les possibilités de réduire les émissions de type I.



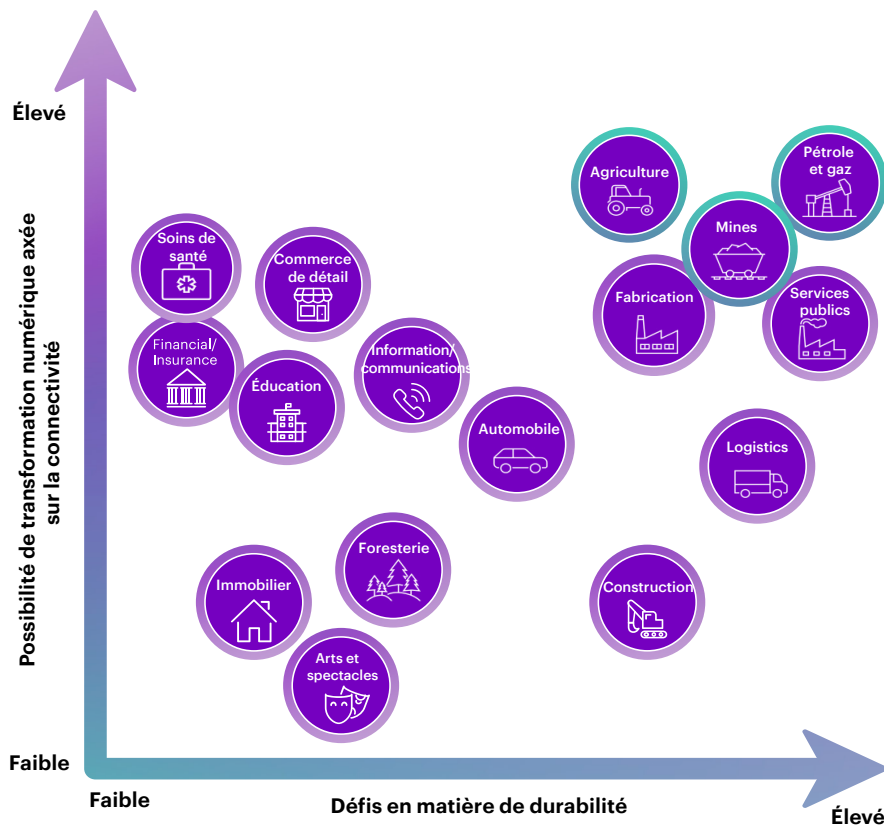
La **transformation de l'effectif** est l'évolution des méthodes de travail traditionnelles vers des modèles de plus en plus souples et adaptables. La connectivité moderne est au cœur de ce changement, car elle fournit les bases pour qu'on puisse s'acquitter de nos fonctions avec plus de souplesse et à distance dans un plus grand nombre de professions. De même, des outils comme l'IA générative, lorsqu'ils sont entre les mains des travailleurs, changent fondamentalement la nature du travail. Ensemble, ces mesures ont le potentiel d'améliorer la productivité de la main-d'œuvre et exigent moins de travailleurs sur place, ce qui réduit la consommation d'énergie des installations électriques et les émissions de gaz à effet de serre des travailleurs qui font la navette, tout en permettant aux travailleurs d'être plus efficaces.

Par exemple, l'essor de la télémédecine, en tirant parti des réseaux et de la connectivité, permet aux fournisseurs de soins de santé de communiquer avec les patients et d'autres professionnels de la santé en temps réel, peu importe où ils se trouvent. Cela a permis d'améliorer les résultats pour les patients en permettant des diagnostics plus rapides, en réduisant les séjours à l'hôpital et en améliorant l'accès aux services de santé, en particulier dans les régions éloignées ou rurales, ce qui a réduit le besoin de transport des patients et d'infrastructure hospitalière, abaissant les émissions de gaz à effet de serre et la consommation d'énergie.

Comment l'industrie peut tirer parti de la transformation numérique pour avoir un plus grand impact

La transformation numérique axée sur la connectivité peut procurer des avantages en matière de durabilité dans toutes les industries canadiennes. Toutefois, les possibilités sont plus grandes et plus immédiates pour certains secteurs.

Position des industries en matière de durabilité et de transformation numérique



Dans la section qui suit, nous examinons en profondeur trois secteurs verticaux de l'industrie – le pétrole et le gaz, les mines et l'agriculture – dans lesquels la modernisation des activités axée sur la connectivité peut entraîner des avantages importants sur le plan de la durabilité en ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre, la consommation de ressources naturelles et les déchets. Dans chacun d'eux, nous soulignons les défis de durabilité propres à l'exploitation verticale, ainsi que le rôle de la transformation numérique et de la connectivité pour relever ces défis, et nous détaillons des cas d'utilisation à impact élevé. Bien que les répercussions sur la durabilité dans cette analyse soient axées sur le Canada, nous présentons des exemples mondiaux pour démontrer ce qui peut être adopté au Canada.

Pétrole et gaz

L'industrie pétrolière et gazière du Canada est le quatrième producteur de pétrole en importance dans le monde et un moteur important du PIB canadien (105 milliards de dollars en 2020) et de l'emploi⁶¹. En plus de son importance économique, l'industrie a toujours eu une grande empreinte environnementale, produisant 28 % des émissions de gaz à effet de serre du Canada (environ 189 Mt d'éq. CO₂)⁶².

Au cours des dernières années, les partenaires du commerce de l'énergie du Canada ont commencé à mettre en œuvre des mécanismes d'ajustement à la frontière pour le carbone (AFC), qui imposent une tarification du carbone sur les biens importés afin de prévenir les fuites de carbone et de promouvoir des règles du jeu équitables pour les industries nationales⁶³. Les principaux partenaires d'exportation du Canada, dont l'Union européenne (UE) et les États-Unis (É.-U.), ont mis en œuvre ces mécanismes, qui pourraient avoir une incidence sur l'économie canadienne (y compris les 35 % du PIB qui dépendent des exportations d'énergie vers les É.-U.) si les émissions de gaz à effet de serre ne diminuent pas^{64 65}.

De plus, dans le cadre du Plan de réduction des émissions pour 2030 du gouvernement, la taxe fédérale sur le carbone devrait passer de 65 \$ la tonne d'éq. CO₂ en 2023-2024 à 170 \$ la tonne en 2030-2031⁶⁶. Par conséquent, l'industrie pétrolière et gazière doit réduire son empreinte environnementale plus que jamais, afin d'éviter des répercussions financières importantes.

Les producteurs de pétrole et de gaz comprennent le rôle important qu'ils jouent dans la réduction de l'empreinte de gaz à effet de serre du Canada, la plupart des entreprises ayant déjà établi des plans de cheminement vers la carboneutralité et des initiatives ESG. Ces entreprises font des progrès pour réduire leurs émissions de type I et II grâce à des investissements dans la recherche et le développement de technologies propres, à l'intégration de la réduction des émissions dans la planification et l'exploitation des projets, à des initiatives de premier plan de captage, d'utilisation et de stockage du carbone et à d'autres approches⁶⁷. De plus, des consortiums industriels comme la Oil Sands Pathways Alliance orchestrent des efforts à l'échelle de l'industrie pour réduire les émissions.

Défis liés à la durabilité du secteur pétrolier et gazier et possibilités de transformation numérique

AMONT			INTERMÉDIAIRE			AVANT		
Exploration	Extraction	Production	Traitement	Stockage	Transport	Raffinage	Marketing	Distribution
Défis actuels en matière de durabilité								
<ul style="list-style-type: none"> • Consommation d'eau pour les procédés de forage et de fracturation hydraulique • Combustion de combustibles fossiles et consommation d'énergie pour alimenter l'équipement de forage et les plateformes pétrolières • Temps d'arrêt et gaspillage d'énergie en cas de défaillance de l'équipement • Fuites d'émissions fugitives (p. ex., méthane) provenant de puits de pétrole 			<ul style="list-style-type: none"> • Émissions de méthane provenant de l'équipement des installations de traitement (p. ex., vannes, compresseurs, etc.) • Risque de défaillance et de fuite des pipelines • Forte consommation d'énergie pour alimenter l'équipement utilisé pour le traitement du gaz naturel • Utilisation d'eau pour l'entretien et le refroidissement des pipelines 			<ul style="list-style-type: none"> • Émissions de GES provenant du transport de produits • Consommation d'eau pour le refroidissement et la production de vapeur dans le procédé de raffinage • Consommation d'énergie pour la conversion du pétrole brut en divers produits (p. ex., essence) • Soutien à la sécurité de la main-d'œuvre dans les raffineries (p. ex., vérification de l'EPI) 		
Possibilités de transformation numérique axée sur la connectivité								
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Entretien prédictif des plateformes pétrolières • Systèmes de détection et de surveillance des fuites pour le forage et les puits • Opérations de forage automatisées • Intégration de réseaux intelligents pour la gestion de l'énergie ◆ Jumeaux numériques pour les opérations de forage (optimisation du forage) 			<ul style="list-style-type: none"> • Système de surveillance de l'état des pipelines avec des actifs connectés • Surveillance des réservoirs de stockage et des pompes rendue possible par les drones • Entretien prédictif de l'équipement (p. ex., pompes et compresseurs) • Véhicules autonomes pour transporter le pétrole vers les raffineries 			<ul style="list-style-type: none"> • Réseau de chaîne d'approvisionnement connecté pour réduire les émissions de GES • Jumeaux numériques pour optimiser le processus de raffinage afin de réduire la consommation d'eau • Systèmes de gestion de l'énergie utilisant l'Internet des objets dans les raffineries • Solutions pour les travailleurs connectés dans les raffineries 		

La transformation numérique axée sur la connectivité est un élément important de cet effort et peut aider l'industrie pétrolière et gazière à devenir plus durable à chaque étape de la chaîne de valeur, que ce soit par une surveillance et une visibilité améliorées, la simplification des opérations grâce à de meilleures décisions éclairées par les données, ou l'amélioration de la capacité d'entretenir et d'utiliser les actifs efficacement. Au cours des phases d'exploration et de production, de meilleurs capteurs et une meilleure cartographie peuvent réduire le temps de forage perdu afin de conserver l'énergie et le carburant. De même, à l'étape du transport, des drones et des dispositifs de surveillance peuvent détecter et prévenir les déversements dangereux avant qu'ils ne causent des dommages à l'environnement. Dans les raffineries, des jumeaux numériques peuvent être alimentés par de riches données de capteurs, permettant de simuler et d'optimiser les processus et de réduire la consommation d'énergie.

En plus de la gestion des émissions de gaz à effet de serre, la transformation numérique peut avoir un impact supplémentaire sur la durabilité en améliorant la sécurité des travailleurs, notamment en leur fournissant des dispositifs connectés qui les avertissent des dangers dans leur environnement.

Cas d'utilisation I

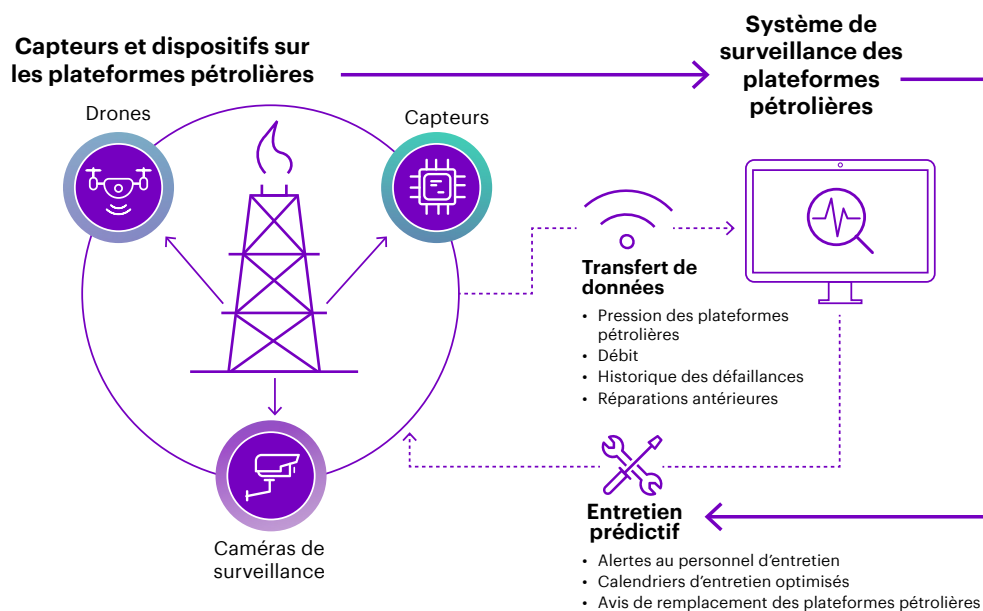
Entretien prédictif de plateformes pétrolières

Les installations de forage sont alimentées par de l'équipement lourd spécialisé qui, comme tout autre actif, peut se dégrader ou faire défaut avec le temps. Aujourd'hui, l'entretien de cet équipement est effectué selon un calendrier fixe ou après que la machinerie ait déjà fait défaut, ce qui entraîne des temps d'arrêt et des pertes importants, en plus de créer des risques pour la sécurité au travail. Les temps d'arrêt imprévus peuvent, à leur tour, générer des émissions excédentaires en raison de l'utilisation de sources d'alimentation de secours, comme le brûlage à la torche du gaz naturel inutilisé ou la nécessité d'augmenter la production ailleurs.

Aujourd'hui, la consommation d'énergie augmente de 30 à 60 % selon le type d'équipement et le niveau d'entretien requis⁶⁸. Les inefficacités de l'équipement peuvent entraîner une plus grande consommation d'eau que nécessaire, ainsi qu'un risque accru de pollution et de contamination de l'eau. Afin de réduire les temps d'arrêt, de prévenir la défaillance totale de l'équipement et de réduire au minimum le gaspillage de ressources, il est essentiel de régler les problèmes d'équipement grâce à la technologie 5G à un stade précoce, évitant le remplacement prématuré et la consommation supplémentaire de ressources.

Les producteurs de pétrole et de gaz peuvent relever ces défis en utilisant des caméras de surveillance, des capteurs et des drones pour surveiller à distance l'équipement sur les plateformes de forage et extracôtières, en prédisant les défaillances sans inspection manuelle. À titre d'exemple, des drones, propulsés par la vision informatique, peuvent survoler des plateformes en mer ou d'autres endroits éloignés pour effectuer des inspections plus fréquentes de l'équipement et de l'environnement des travailleurs.

Entretien prédictif des plateformes pétrolières



Avantages

30%
Réduction des coûts d'entretien

45%
Réduction du temps d'arrêt de l'équipement

20%
Économies d'efficacité énergétique

Sécurité de la main-d'œuvre

À mesure que les sociétés pétrolières et gazières commencent à utiliser des drones et des caméras de surveillance pour effectuer des inspections, le besoin de personnel pour pénétrer dans les zones dangereuses diminue. Cela réduit les risques de blessures et d'accidents, améliorant ainsi la sécurité des travailleurs. L'entretien prédictif alimenté par des caméras de surveillance, des capteurs et des drones peut améliorer l'utilisation des actifs, car les recommandations formulées par les appareils à technologie 5G réduisent les coûts d'entretien de 30 % et les temps d'arrêt de l'équipement de 45 %⁶⁹. En optimisant l'utilisation des actifs, les entreprises peuvent réduire leur consommation d'énergie, d'eau et de matières premières, ce qui réduit leur impact sur l'environnement. Une étude menée par le département de l'Énergie des États-Unis a révélé que **les techniques d'entretien prédictif peuvent entraîner des économies d'énergie de 20 % par année**⁷⁰.

Pour effectuer cet entretien prédictif, les entreprises doivent avoir accès à des réseaux à large bande passante afin de transférer de grandes quantités d'informations visuelles riches et de connecter de multiples appareils simultanément, couvrant les vastes régions géographiques où se trouvent les usines de production de pétrole et de gaz. Pour analyser les données capturées par les caméras de surveillance, les capteurs et les drones, les entreprises peuvent utiliser des réseaux à haute vitesse semblable à la 5G pour obtenir des données en temps réel. Elles peuvent rester à l'avant-garde de la courbe d'entretien prédictif en utilisant les réseaux filaires comme solution de secours pour les actifs et les opérations essentiels à la mission, en veillant à ce que les opérations se déroulent sans heurts, peu importe la perturbation potentielle du réseau.

Étude de cas

Essai pilote d'entretien 5G d'EcoPetrol⁷¹

Le producteur de pétrole EcoPetrol a connu des retards opérationnels et des inefficacités généralisées causés par une technologie insuffisante, des processus d'entretien désuets et des flux de communication fragmentés à sa raffinerie de Barrancabermeja. Par le passé, il fallait de trois à huit jours à EcoPetrol pour effectuer l'entretien opérationnel prévu, ce qui entraînait un temps d'arrêt important des biens et de l'équipement. En tirant parti de la technologie 5G, des appareils compatibles avec l'IdO et des jumeaux numériques, EcoPetrol a offert de l'assistance à distance et permis l'entretien des biens en temps réel en donnant accès à de l'information, des images et des communications dont le personnel de l'usine pouvait tirer parti pour trouver des solutions aux problèmes, réduisant le délai d'intervention technique à quelques heures. Grâce à un réseau sans fil à haute vitesse, EcoPetrol a pu établir une communication en temps réel entre les actifs et l'équipement, les jumeaux numériques alimentés par l'informatique en nuage et le personnel pour permettre l'assistance à distance et l'entretien prédictif. Grâce à la réduction des temps d'arrêt de l'équipement, EcoPetrol a réalisé d'importantes augmentations de la productivité et des processus d'entretien, ce qui a permis de réaliser des économies de plus d'un million de dollars. En modernisant cette partie de ses opérations, EcoPetrol a décarbonisé ses opérations et a permis la transition énergétique à la raffinerie⁷².

Cas d'utilisation II

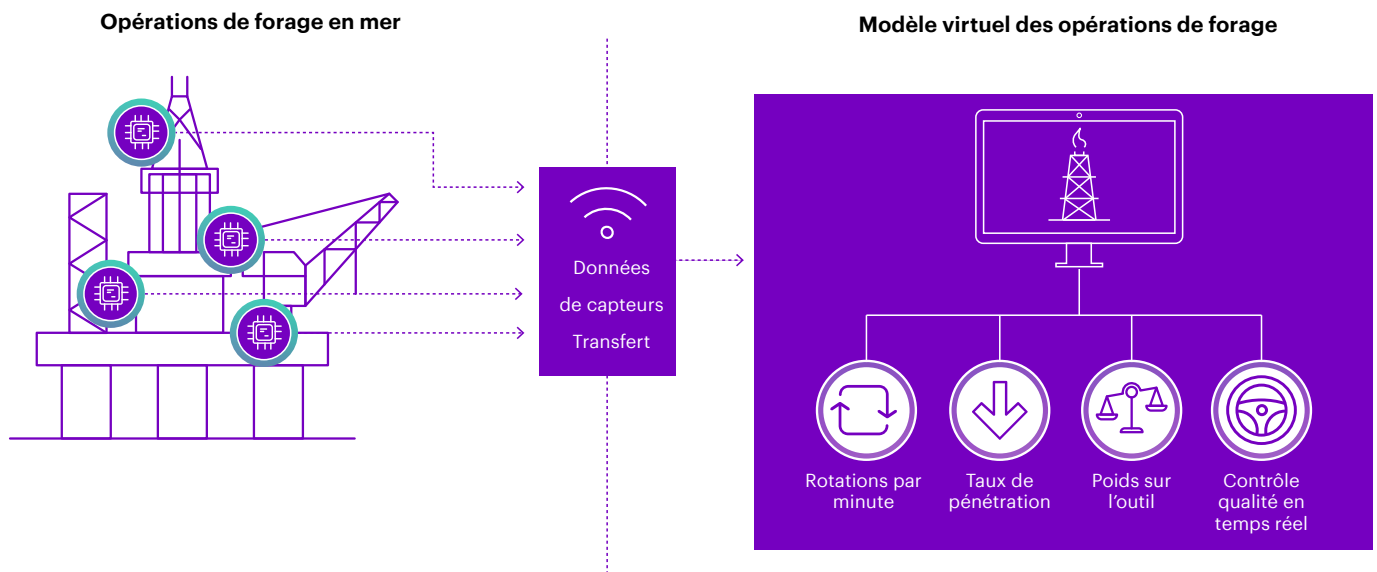
Jumeau numérique d'opérations de forage

Le forage et l'extraction sont responsables d'au moins 10 % des émissions de carbone en amont de certaines sociétés pétrolières et gazières⁷³. L'exploitation de gros groupes électrogènes et d'équipement de forage sur des plateformes pétrolières exige la combustion de quantités considérables de combustibles fossiles, de sorte que tout forage inefficace ou gaspillé génère directement des émissions de type I inutiles.

Aujourd'hui, le contrôle des opérations de forage est très manuel et dépend de l'expertise de l'opérateur pour s'adapter aux changements des conditions. Toute erreur entraîne une consommation supplémentaire de combustible et une augmentation des émissions.

Pour lutter contre ce phénomène, des jumeaux numériques peuvent être utilisés pour créer une représentation virtuelle du processus de forage de bout en bout, en utilisant des capteurs connectés pour étudier la géologie du site de forage et l'état de l'équipement. Cela permet d'effectuer de riches simulations qui permettent aux exploitants d'effectuer des essais de scénarios et d'optimiser les paramètres de forage dans un environnement sûr et contrôlé. Cela augmente directement la précision du forage, ce qui réduit la consommation de combustible et les émissions de carbone.

Jumeaux numériques d'opérations de forage



Après avoir optimisé les opérations de forage à l'aide de modèles virtuels et de simulations, la technologie numérique jumelée peut être utilisée pour surveiller à distance le processus de forage en temps réel. Les capteurs dans l'environnement physique et la plateforme pétrolière transmettent de l'information en temps réel afin de mettre à jour la simulation et d'aviser les opérateurs des problèmes potentiels avant qu'ils surviennent. Cela réduit encore davantage le temps de forage et l'énergie nécessaires pour alimenter la foreuse, permettant aux **producteurs de voir une réduction des émissions de carbone provenant de la consommation d'énergie allant jusqu'à 20 %⁷⁴**.

Ces simulations de forage détaillées reposent sur des capacités de réseau avancées. Pour assurer des connexions simultanées aux capteurs de la plateforme pétrolière, les réseaux doivent pouvoir transmettre et recevoir des données à haute vitesse. Une faible latence est également importante lors de l'adaptation des paramètres de forage en temps réel, où une latence de plus de 5 ms peut entraîner des erreurs. Compte tenu de la nature éloignée de ces plateformes et des exigences complexes en matière de réseautage, il est essentiel de continuer d'investir dans des réseaux spécialisés pour réaliser ces avantages environnementaux.

Appel à l'action

L'industrie pétrolière et gazière est essentielle à l'économie canadienne et a un rôle important à jouer dans la réalisation des objectifs de développement durable du Canada. Les producteurs investissent dans l'atteinte de l'objectif de carboneutralité et font déjà des progrès importants pour réduire les émissions de type I et II. La connectivité, et la transformation numérique qu'elle permet, est un élément important pour atteindre cet objectif, avec des occasions dans toute la chaîne de valeur de réduire les temps d'arrêt, d'améliorer l'utilisation des actifs et de permettre une production plus efficace. En retour, cela a une incidence sur la durabilité, y compris une plus grande réduction des émissions. L'entretien prédictif et les jumeaux numériques pour l'optimisation du forage sont deux des nombreux cas d'utilisation de pointe qui génèrent ces immenses avantages. En saisissant cette opportunité, l'industrie pétrolière et gazière peut favoriser une croissance plus durable, tout en alimentant le Canada et en répondant à ses besoins énergétiques.

Le Canada est reconnu comme un chef de file dans le secteur minier, avec de grandes exploitations dans le charbon, les sables bitumineux et la roche dure. Le Canada produit 60 minéraux et métaux, évalués à 55,5 milliards de dollars en 2021, dans près de 200 mines et 6 500 carrières de sable, de gravier et de pierre partout au pays⁷⁵. On s'attend à ce que les activités minières au Canada augmentent considérablement au cours de la prochaine décennie en raison de la demande mondiale croissante pour les minéraux et les matières essentielles du Canada pour alimenter la transition vers l'énergie propre et la fabrication de pointe⁷⁶. Bien que les sociétés minières puissent générer des retombées économiques pour le Canada, elles ont la possibilité de le faire avec une durabilité accrue.

En 2021, les émissions de l'industrie minière au Canada ont été déclarées à 30 Mt d'éq. CO₂ (~5 % des émissions totales au Canada)⁷⁷, principalement attribuables à la production de métaux et à l'exploitation des sables bitumineux, qui entraînent des émissions fugitives⁷⁸. De plus, l'industrie a consommé 240 millions de mètres cubes d'eau en 2020⁷⁹ pour appuyer l'utilisation de produits chimiques et de machinerie lourde dans le traitement et le raffinage des métaux. Les sociétés minières prennent conscience de leur empreinte environnementale et tentent de relever les défis liés à la fiabilité et à l'entretien de l'équipement, à la gestion de l'énergie et de l'eau et à la sécurité de la main-d'œuvre afin de réduire cette empreinte.

Défis liés à la durabilité du secteur minier et possibilités de transformation numérique

EXPLORATION		APPROVISIONNEMENT			FERMETURE	
Exploration et conception	Forage et dynamitage	Chargement et transport	Réserve	Traitement et raffinage	Transport	Marché
Défis actuels en matière de durabilité						
<ul style="list-style-type: none"> Émissions de GES provenant de la consommation de carburant des véhicules pendant l'exploration Émissions de matières particulaires générées par le forage et le dynamitage des roches et des minéraux Risque d'exposition à des substances toxiques et d'accidents de machinerie lourde 	<ul style="list-style-type: none"> Émissions de l'équipement utilisé pour la gestion et le transport des minéraux Procédés à forte consommation d'eau pour la séparation et le raffinage des minéraux Émissions de méthane provenant du brûlage à la torche incomplet et de la purge des pipelines Risque de contamination de l'environnement attribuable aux fuites et aux défaillances des bassins de résidus 	<ul style="list-style-type: none"> Véhicules et équipements énergivores pour le transport des minéraux Émissions de poussières et de particules pendant le transport des minéraux 				
Possibilités de transformation numérique						
<ul style="list-style-type: none"> Drones pour l'exploration de nouveaux gisements Solutions de gestion de parc de véhicules fondées sur l'IdO pour l'exploration Équipement intelligent de forage et d'échantillonnage Opérations de forage autonomes Dispositifs portables et réalité étendue pour signaler la présence de substances toxiques dans l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Des solutions de travailleur connecté pour détecter les émissions et y réagir ◆ Camions de transport automatisés ◆ Jumeau numérique pour le traitement et l'optimisation ◆ Surveillance à distance des bassins de résidus et intervention proactive en cas de défaillance 			<ul style="list-style-type: none"> Logistique intelligente et systèmes de gestion de parc automobile pour réduire les émissions de GES lors du transport des minéraux Véhicules autonomes et robotique 		

La connectivité, et la transformation numérique qu'elle permet, est un levier important pour atteindre cet objectif. L'exploitation minière dans des endroits éloignés et dans des conditions difficiles peut présenter des défis pour la sécurité et la productivité des travailleurs, mais grâce à des solutions de **travailleur connecté**, des appareils portables et des dispositifs peuvent être utilisés pour accéder à des renseignements et à du soutien essentiels. Les sociétés minières peuvent également bénéficier de solutions **d'actifs connectés** qui tirent parti de l'analyse des données et de l'entretien prédictif pour optimiser le rendement de l'équipement et réduire la consommation d'énergie. Parallèlement, les camions de transport autonomes peuvent être utilisés dans des opérations à grande échelle où le transport de

matériaux constitue une part importante du processus d'exploitation minière, afin de réduire les émissions et les déchets⁸⁰. En permettant des activités plus connectées et automatisées, le rôle de l'effectif dans les opérations minières peut passer à la surveillance et au travail à distance, ce qui accroît la sécurité.

Pour réaliser ces avantages, il faut avoir le bon réseau en place, bien que les sites miniers individuels puissent être situés dans des endroits éloignés ou avoir des exigences de réseau spécialisées en raison de leur aménagement. Pour répondre à ces besoins, il faut continuer d'élargir l'infrastructure des réseaux publics et privés.

Cas d'utilisation I

Capteurs des bassins de résidus

En plus des minéraux précieux, le processus d'extraction minière génère également des résidus contenant des métaux lourds comme le plomb, le mercure, l'arsenic et le cadmium, qui posent des risques environnementaux s'ils ne sont pas gérés correctement. Pour prévenir ces risques, les sociétés minières entreposent les résidus dans des bassins de confinement qui couvrent maintenant une superficie de 300 kilomètres carrés⁸¹. En moyenne, il y a d'une à deux défaillances par année⁸², chaque défaillance entraînant des réparations et des amendes de 350 millions à 1 milliard de dollars pour non-conformité.

Compte tenu de l'importance environnementale et financière de ces bassins, les entreprises disposent d'installations de stockage des résidus pour les surveiller et gérer ainsi que des systèmes de surveillance, et des inspections manuelles sur place sont effectuées plusieurs fois par jour, ainsi que des inspections plus formelles tous les 15 jours⁸³. La plupart des pratiques de surveillance et de gestion sont effectuées manuellement sur place aujourd'hui, ce qui entraîne des erreurs potentielles et un risque d'exposition à des produits chimiques toxiques et à des gaz nocifs. Les entreprises ont besoin de plus de technologies qui peuvent soutenir ces installations dans leur fonctionnement indépendant et plus efficace.

Les capteurs installés dans les bassins de résidus peuvent être utilisés pour surveiller l'état des bassins en mesurant le pH, la turbidité, le volume, la température et d'autres paramètres de l'eau dans les bassins, en plus de la structure globale du barrage, en particulier pour détecter tout changement ou toute anomalie pouvant indiquer la présence d'une fuite, d'une brèche ou d'un problème. Ces capteurs fonctionnent de façon autonome et peuvent effectuer des inspections en quelques minutes, ce qui donne à l'entreprise un aperçu rapide des conditions du bassin⁸⁴. Une fois qu'une entreprise détecte une fuite ou une défaillance du barrage, elle peut réparer le barrage et empêcher une fuite plus importante, ce qui réduit les dommages environnementaux causés par ces incidents. En agissant plus rapidement, les entreprises peuvent réaliser des économies de 15 à 20 %⁸⁵ en matière d'entretien préventif. Les capteurs connectés améliorent également la précision de lecture, ce qui peut aider les entreprises minières à déterminer quand l'eau peut être renvoyée dans l'environnement et peut **réduire jusqu'à 90 % les incidents de sécurité liés à la conformité environnementale**⁸⁶.

Surveillance des bassins de résidus

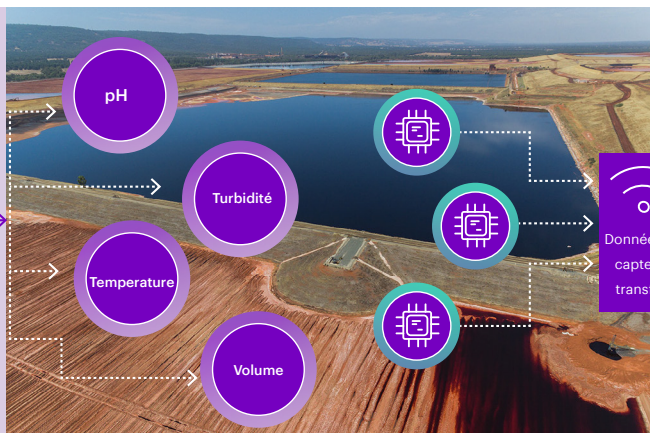
Aujourd'hui

Les opérations actuelles exigent des inspections manuelles effectuées par des travailleurs

Surveillance manuelle
La surveillance sur place est longue, sujette à l'erreur et potentiellement dangereuse



Prélever manuellement des échantillons et effectuer des tests plusieurs fois par jour



Demain

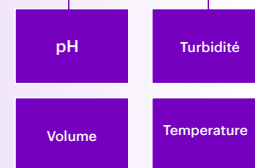
Les opérations futures seront entièrement menées par un système de surveillance en réseau

Surveillance à distance

Les capteurs mesurent tous les paramètres en quelques minutes, ce qui permet une réponse rapide



Données de capteurs transfert



Des réseaux et une connectivité fiables sont essentiels pour que les capteurs génèrent, transmettent et analysent les données en temps quasi réel et pour que les systèmes de surveillance des bassins de résidus fonctionnent efficacement. Ces bassins se trouvent dans des régions très éloignées, et grâce à la surveillance à distance alimentée par des réseaux, les entreprises peuvent avoir une plus grande connexion à une partie très importante de leurs activités sans avoir à se rendre sur place. De plus, compte tenu de la nature des bassins de résidus (les substances qu'ils contiennent et leurs répercussions sur l'environnement et la société), les données recueillies sont sensibles et exclusives, ce qui nécessite l'utilisation de réseaux hautement sécurisés pour gérer cette information et y accéder.

Cas d'utilisation II

Solutions de travailleur connecté pour les émissions fugitives

Les émissions fugitives sont le rejet de gaz dans l'environnement qui sont des sous-produits des activités minières. Elles prennent principalement la forme de méthane, d'oxyde nitreux et de sulfure d'hydrogène, et sont rejetées par l'évacuation et le torchage, ainsi que par des fuites, des déversements et d'autres rejets pendant la manutention et le traitement des minéraux et des minerais. Le torchage et l'évacuation nécessitent un effort manuel considérable, car les travailleurs doivent surveiller manuellement le débit d'air et assurer la sécurité contre les fuites ou les dangers potentiels. Bien que ces méthodes soient efficaces pour contrôler les rejets de gaz, tout problème lié à ces processus peut exposer les travailleurs à des gaz toxiques et retarder le traitement des fuites en raison du manque de surveillance et d'information sur le terrain.

Les sociétés minières mettent actuellement en œuvre des technologies de captage et d'utilisation des gaz qui permettent de capter les émissions indésirables et de les utiliser comme source de combustible pour les activités minières elles-mêmes ou pour la production d'énergie⁸⁷. Ces entreprises investissent également dans l'infrastructure, l'entretien régulier de l'équipement, l'amélioration des programmes de détection et de réparation des fuites et l'utilisation de technologies de surveillance de pointe pour déceler et corriger les fuites. Toutefois, cette infrastructure et cette technologie coûtent cher et nécessitent de l'équipement et une expertise hautement spécialisés.

Des dispositifs portables peuvent être utilisés pour relever les défis de durabilité liés au torchage, à l'évacuation et aux émissions fugitives en fournissant une surveillance en temps réel de la qualité de l'air, des matières particulaires (MP) et de la concentration des gaz dans l'environnement. Ces dispositifs avertissent les travailleurs de la présence de gaz toxiques dans l'environnement et permettent à la mine de prendre rapidement des mesures correctives (p. ex., réparer les fuites), **ce qui permet de réduire de 50 % le nombre d'incidents entraînant une perte de temps à signaler**⁸⁸. De plus, les dispositifs portables peuvent aider les travailleurs à effectuer une surveillance en temps réel afin de mesurer l'efficacité de combustion des systèmes de torchage, puis à régler le débit du gaz afin d'optimiser le processus de combustion et de réduire les émissions.

Solution de travailleur connecté



Une combinaison de transmission rapide des données et de faible latence est nécessaire pour recueillir des données en temps réel sur l'environnement sur le terrain afin que les entreprises puissent détecter rapidement les dangers potentiels pour la sécurité et prendre les mesures appropriées. Cela aide les entreprises à éviter que les émissions de gaz à effet de serre deviennent de gros problèmes d'efficacité opérationnelle et de sécurité.

Une solution de travailleur connecté bénéficie d'un réseau fiable. Cependant dans le secteur minier, les entreprises ont la possibilité de tirer parti d'un réseau privé comme solution de rechange. Aujourd'hui, de nombreuses solutions de travailleur connecté utilisent la technologie Wi-Fi ou Bluetooth, ce qui permet la connectivité sur des distances plus courtes (10 à 20 m), bien que les opérations minières à grande échelle s'étendent sur plusieurs kilomètres et exigent une couverture plus contiguë. Le besoin de connectivité et les avantages d'avoir une connectivité dans ces régions éloignées représentent une occasion de grande valeur pour les entreprises minières, où ces entreprises peuvent investir de façon indépendante pour s'assurer qu'il y a du soutien adéquat pour leurs activités commerciales.

Étude de cas

Solution de sécurité et de productivité de Suncor⁸⁹

Suncor a mis au point une solution de productivité en matière de sécurité utilisant un réseau maillé sans fil dans certaines de ses installations minières, qui permet aux travailleurs de porter un dispositif sur leur épaule, dans le rayon respiratoire, pour aider les travailleurs et l'entreprise à surveiller l'exposition aux gaz dans leur environnement opérationnel. La tolérance à l'exposition a été préprogrammée pour le H₂S, le SO₂ et d'autres gaz dangereux afin de se conformer aux normes de santé et de sécurité au travail. Lorsqu'un travailleur entre dans un environnement où le niveau de ces gaz est plus élevé que les seuils établis comme « sécuritaires », une alarme de panique se déclenche, informant les équipes opérationnelles locales de l'exposition. La solution a permis aux travailleurs de demeurer dans les zones de travail 85 % du temps, ce qui a entraîné une augmentation de la productivité et permis un meilleur contrôle de la sécurité.

Appel à l'action

L'industrie minière du Canada devrait connaître une hausse de la demande mondiale pour ses minéraux essentiels, et les sociétés minières veulent répondre à cette demande en gardant à l'esprit la durabilité. Les activités minières sont souvent menées dans des endroits très éloignés avec une topographie difficile et des processus à forte consommation d'eau et d'énergie pendant l'extraction, la production et le raffinage. Le secteur minier est de plus en plus déterminé à relever ces défis et à créer des milieux de travail plus sécuritaires sur place pour protéger et habiliter sa main-d'œuvre. La modernisation des activités, rendue possible par les réseaux filaires et sans fil à haute vitesse, est un levier important pour y parvenir et peut prendre la forme de travailleurs et d'actifs connectés, de camions de transport autonomes et d'une transformation plus vaste de l'entreprise. La connectivité apporte de nouvelles solutions à certains des défis environnementaux les plus critiques propres à l'exploitation minière, y compris la gestion des bassins de résidus et des émissions fugitives. Ces possibilités, ainsi que d'autres occasions de pointe, peuvent contribuer à un brillant avenir pour l'industrie minière et le Canada.

La population mondiale devrait passer de 7,6 milliards à 9,8 milliards d'ici 2050⁹⁰, et cette croissance s'accompagnera d'une demande accrue pour les animaux d'élevage, les produits laitiers et les fruits et légumes du Canada. Cela exige une augmentation de la production agricole, ce qui met davantage de pression sur nos écosystèmes déjà fragiles. Le secteur agricole du Canada a produit 69 Mt d'éq. CO₂ en 2021, ce qui représente environ 8 % des émissions nationales de gaz à effet de serre⁹¹. En plus des émissions, l'utilisation de produits chimiques, le gaspillage et les pertes sont de plus en plus importants pour la société et l'industrie agricole, car 33 % des aliments produits sont perdus avant d'atteindre les consommateurs⁹², ce qui entraîne la perte de ressources précieuses comme l'eau et l'énergie⁹³. Cela est d'autant plus mis en évidence par les défis liés à la sécurité alimentaire et à l'abordabilité, que les Canadiens ont de plus en plus ressentis au cours des dernières années, et l'importance de faire baisser le coût total de la production alimentaire.

Les agriculteurs font face aujourd'hui à des défis opérationnels et de durabilité uniques, qu'il s'agisse de la complexité de la gestion des cultures et des animaux d'élevage, de la visibilité et de l'optimisation de la chaîne d'approvisionnement ou des pénuries de main-d'œuvre. La taille moyenne d'une ferme au Canada est de 809 acres, et les fermes d'élevage contiennent souvent un grand nombre de bêtes (p. ex., plus de 100 vaches), ce qui fait qu'il est difficile pour les agriculteurs de gérer efficacement les opérations sur de grandes superficies et dans des troupeaux de grande taille⁹⁴. Les agriculteurs ont une visibilité limitée sur les conditions et la santé des cultures et des animaux d'élevage, ce qui entraîne des soins universels pour les cultures et les animaux, une réduction du rendement et une augmentation des émissions. Les exploitations agricoles dépendent également fortement de la main-d'œuvre manuelle, et les pénuries de main-d'œuvre sont de plus en plus fréquentes en raison de la hausse de la demande : 74 % des propriétaires d'entreprises agricoles travaillent plus d'heures pour combler le manque de personnel, et 48 % des entreprises agricoles ont dû refuser des ventes ou des contrats en raison d'une pénurie de main-d'œuvre. En outre, les agriculteurs peuvent bénéficier d'une meilleure visibilité sur la localisation des produits, le temps de transport des produits et d'autres informations sur la distribution des aliments qui réduisent les risques pour la qualité des aliments. À l'heure actuelle, une grande partie de ce processus se fait manuellement et sur papier, ce qui prend du temps, est sujet à l'erreur et entraîne une augmentation du gaspillage alimentaire et des émissions de gaz à effet de serre, présentant la possibilité de faire davantage appel au numérique⁹⁵.

Défis en matière de durabilité agricole et possibilités de transformation numérique

INTRANTS		GESTION DES FERMES		PRODUCTION		DISTRIBUTION	
Ensemencement	Gestion des sols	Gestion des cultures et des animaux d'élevage	Récolte	Production en usine	Emballage alimentaire	Transport d'aliments	Commerce de détail
Défis actuels en matière de durabilité							
<ul style="list-style-type: none"> Dégradation du sol (érosion) causée par l'utilisation excessive d'engrais synthétiques Émissions d'oxyde nitreux provenant des engrais synthétiques Utilisation excessive d'eau pour le sol, entraînant l'épuisement des ressources naturelles 	<ul style="list-style-type: none"> Contamination du sol et de l'eau par l'utilisation excessive de pesticides Consommation excessive d'énergie pour soutenir le système d'irrigation Émissions de méthane provenant de la fermentation entérique du bétail 	<ul style="list-style-type: none"> Gaspiillage alimentaire et pertes lors du transport de la ferme à l'installation de transformation Émissions de GES provenant de l'énergie consommée pour chauffer, refroidir et réfrigérer les aliments Consommation d'énergie liée à l'entretien et à la défaillance de l'équipement réactif 	<ul style="list-style-type: none"> Combustibles fossiles consommés lors de la distribution des aliments des installations de transformation aux marchés Pertes causées par un transport inefficace ou retardé Difficulté à suivre la qualité et la conformité des aliments 				
Possibilités de transformation numérique							
<ul style="list-style-type: none"> Agriculture de précision Systèmes de climatisation à capteurs Planteuses automatisées (robots) Plateformes de gestion des intrants intelligentes 	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes d'alimentation automatisés Surveillance de précision des animaux d'élevage Systèmes de traite robotisés Systèmes de collecte automatique des œufs Tracteurs autonomes pour la gestion des cultures 	<ul style="list-style-type: none"> Capteurs de qualité et de conformité alimentaire Tri et inspection automatisés Emballage intelligent avec l'IdO Entretien prédictif dans les installations de traitement 	<ul style="list-style-type: none"> Réseau de chaîne d'approvisionnement connecté (alimenté par des capteurs d'IdO) Traçabilité de bout en bout de la chaîne d'approvisionnement Parc de véhicules connectés Optimisation des itinéraires de livraison axée sur l'intelligence artificielle 				

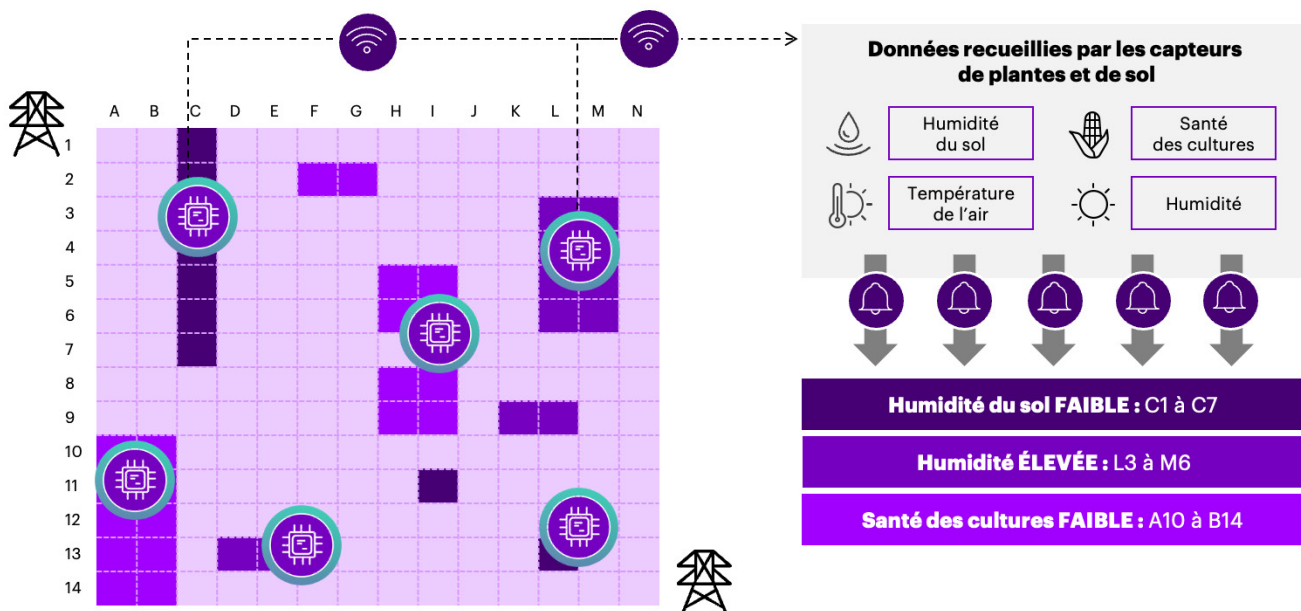
La transformation numérique axée sur la connectivité peut aider les agriculteurs à améliorer leurs activités afin de relever les défis liés à la durabilité et aux opérations. L'**agriculture de précision** au moyen de capteurs et de drones permet une surveillance à distance de la santé des cultures, permettant de fournir des éléments nutritifs aux champs seulement lorsqu'ils sont nécessaires pour maximiser les rendements. De même, les planteuses, les récolteuses et les tracteurs autonomes fournissent aux agriculteurs du soutien pour la gestion des cultures avec une plus grande précision, ce qui limite la surutilisation des ressources naturelles et des nutriments. De plus, le développement d'un **réseau de chaîne d'approvisionnement connecté** au moyen de modèles virtuels offre aux agriculteurs une visibilité et une transparence sur les niveaux et les déplacements des stocks, optimisant ainsi les itinéraires et réduisant le gaspillage alimentaire. Les **systèmes d'automatisation et de robotique** peuvent exécuter de nombreuses activités à forte intensité de main-d'œuvre, y compris l'alimentation et les soins quotidiens d'animaux d'élevage. Parallèlement, le **suivi des animaux d'élevage** à l'aide de capteurs et de technologies basées sur l'emplacement (comme un GPS) peut permettre aux agriculteurs de mieux surveiller et contrôler les déplacements et l'emplacement des animaux. En adoptant la transformation numérique axée sur la connectivité, les agriculteurs peuvent s'assurer qu'ils sont équipés pour relever les défis de leur industrie, tout en réduisant leur impact environnemental.

Cas d'utilisation I Agriculture de précision

Historiquement, les agriculteurs se sont fiés aux méthodes traditionnelles de plantation, de fertilisation et de récolte en fonction de leur expérience et de leur connaissance générale des terres. Ces méthodes entraînent souvent une application inégale d'engrais, d'herbicides et d'autres intrants en raison des variations des types de sol dans un champ, ce qui peut entraîner du gaspillage, des rendements réduits et des émissions de méthane plus élevées. Les agriculteurs peuvent aussi ne pas être au courant des ravageurs et des maladies dans leurs cultures jusqu'à ce qu'il soit trop tard, et avoir besoin d'aide pour surveiller leurs champs afin de s'assurer que les ravageurs n'endommagent pas directement les plantes ou ne transmettent pas d'infections bactériennes, virales ou fongiques⁹⁶.

Les agriculteurs peuvent améliorer leur gestion des cultures en plaçant des capteurs dans le sol ou sur les plantes dans les champs pour saisir des données environnementales comme l'humidité du sol, la température de l'air et l'humidité. Toutes les quelques secondes, les capteurs transmettent ces données à un système centralisé qui détermine quels sols et quelles cultures nécessitent quelle quantité d'engrais et de nutriments. Grâce à cette technologie, les agriculteurs peuvent maximiser leur rendement et passer moins de temps à surveiller manuellement leurs cultures, appliquant des engrais et des traitements seulement au besoin, ce qui réduit les émissions de méthane inutiles. De plus, ces renseignements aident les agriculteurs à atténuer les risques de ravageurs et de maladies qui, autrement, pourraient prendre rapidement de l'expansion et entraîner d'importantes pertes. Par conséquent, l'agriculture de précision **peut réduire l'utilisation de l'eau et des engrais de 20 à 40 % sans avoir d'impact sur les rendements**⁹⁷, réduisant ainsi les émissions de gaz à effet de serre et le gaspillage d'eau.

Agriculture de précision



Des réseaux performants sont importants pour le fonctionnement des systèmes d'agriculture de précision. Dans les fermes connectées, des centaines de capteurs, répartis sur une vaste superficie, doivent être capables de communiquer de façon fiable à la fois pour peaufiner les processus d'irrigation et de fertilisation, ainsi que pour réagir aux ravageurs et aux maladies. Sans réseaux fiables, les agriculteurs ne peuvent pas réagir rapidement et avec précision à l'état de leurs cultures.

Étude de cas

Niolabs alimente un vignoble autonome⁹⁸

Un service nio utilise les données de capteurs dans le sol en combinaison avec les observations de l'agriculteur pour contrôler de façon autonome la pompe et les vannes du vignoble, fournissant un débit d'eau optimal à chaque vigne. L'entreprise permet au vignoble d'utiliser des données en temps réel qui transforment une exploitation agricole manuelle réactive en un exemple proactif et automatisé d'agriculture de précision. Cette fonctionnalité est alimentée par la connectivité, grâce à un réseau qui permet la transmission de données entre les pompes et les capteurs dans le sol, afin d'assurer un débit d'eau précis vers chaque vigne. En permettant le contrôle à distance des opérations courantes et l'entretien prédictif, les vignerons ont vu leurs coûts diminuer de 25 %. De plus, grâce à cette méthode de nio, les fermes peuvent utiliser moins d'eau, de pesticides et d'engrais, au bon endroit et en quantité précise, ce qui réduit la consommation de 40 %.

Cas d'utilisation II

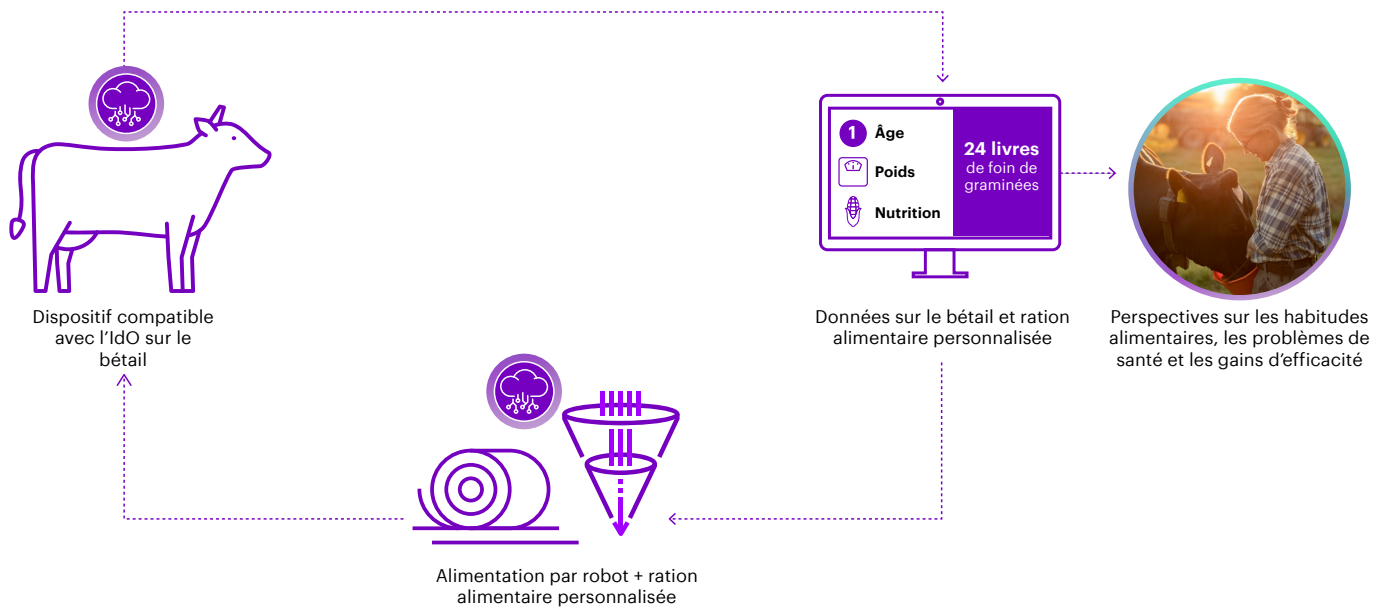
Systèmes automatisés d'alimentation des animaux d'élevage

La croissance démographique, le développement économique et la migration urbaine ont stimulé une demande sans précédent de protéines animales, qui devrait augmenter jusqu'à 70 % d'ici 2050⁹⁹. Au Canada en particulier, la production animale a contribué de façon importante au PIB, générant 5,7 milliards de dollars en 2021, avec des exportations principalement aux États-Unis¹⁰⁰. En même temps, les émissions du bétail – provenant du fumier et des rejets gastro-intestinaux – représentent 49 % des émissions de méthane (39 % de fermentation entérique, 10 % de stockage du fumier)¹⁰¹, et ces émissions continueront d'augmenter avec la demande accrue de protéines. De plus, une ferme moyenne au Canada a un troupeau de plus de 150 bovins et veaux, et 40 % des stocks totaux de bétail sont en Alberta¹⁰². Il est donc extrêmement difficile pour un seul agriculteur, ou pour un petit groupe d'agriculteurs, d'en faire la gestion, et de répondre efficacement à ses autres besoins de gestion de volaille et des cultures.

Traditionnellement, l'élevage consiste à élever des animaux comme des bovins, des porcs, des moutons et de la volaille pour la viande, le lait, les œufs et d'autres produits. Les agriculteurs gardent habituellement leurs animaux dans des étables ou des pâturages extérieurs, où ils sont nourris et soignés à la main. Les animaux font généralement l'objet d'une inspection visuelle, et leur santé est évaluée par un vétérinaire au besoin. Par exemple, une vache laitière en lactation produit environ 400 grammes de méthane chaque jour¹⁰³. Un agriculteur passe habituellement au moins deux heures par jour à nourrir, à abreuver et à prendre soin de ses animaux, et les activités digestives du bétail représentent plus de 3 % des émissions de gaz à effet de serre du Canada^{104 105}. L'application de stratégies d'alimentation de rechange et d'additifs a aidé les agriculteurs à réduire l'impact environnemental de leurs bovins, mais ces approches ne devraient réduire les émissions de méthane que de 5 à 20 %, tout au plus¹⁰⁶. Pour réduire davantage les émissions, les agriculteurs devraient continuer à adopter et à appliquer d'autres approches pour nourrir et entretenir leur bétail.

Les robots et les systèmes informatisés peuvent recevoir des données d'appareils compatibles avec l'IdO sur le bétail pour surveiller la santé et la nutrition, et fournir automatiquement des aliments aux animaux en fonction de leurs besoins. Le système utilise des capteurs, des dispositifs portables et d'autres dispositifs de connectivité installés sur le bétail pour recueillir et traiter rapidement des données sur les routines d'alimentation et les rations alimentaires personnalisées pour chaque animal, en fonction de facteurs comme l'âge, le poids et les besoins nutritionnels. En même temps, un robot peut utiliser les données reçues des capteurs, des dispositifs portables et des appareils pour déplacer les aliments vers les postes d'alimentation, en contrôlant la quantité distribuée à chaque repas. Grâce à ce système entièrement automatisé, les agriculteurs peuvent obtenir de précieux renseignements sur les habitudes alimentaires de leur troupeau et les problèmes de santé potentiels, les gérer plus efficacement et réduire leur dépendance à l'égard de la main-d'œuvre. Un système d'alimentation automatisé peut réduire de 80 % le temps que les agriculteurs passent à nourrir et à surveiller leurs animaux¹⁰⁷. De plus, la distribution d'aliments en quantités contrôlées et **automatisées permet une efficacité énergétique de 85 % supérieure à celle des chaînes d'alimentation traditionnelles**¹⁰⁸.

Système d'alimentation automatisé



Les fermes dont les bovins et les veaux sont peu nombreux peuvent mettre en œuvre des pratiques d'alimentation traditionnelles pour assurer une gestion suffisante; cependant les fermes qui comptent plus de 100 animaux ont besoin d'un système automatisé pour simplifier ces opérations. Un tel système doit calculer les ratios d'ingrédients, suivre la quantité d'aliments donnés à chaque troupeau et fournir simultanément aux agriculteurs des données sur la santé et le rendement des animaux¹⁰⁹. Ce système fonctionne efficacement avec des réseaux sans fil à haute vitesse qui peuvent transmettre des données de façon cohérente entre de multiples capteurs et le robot avec une faible latence¹¹⁰ afin d'évaluer les besoins des animaux en matière de santé et de fournir des repas contrôlés en fonction de ces besoins. L'amélioration de la connectivité permet aux agriculteurs et aux gestionnaires d'animaux d'élevage de surveiller et de gérer à distance leurs troupeaux, ce qui libère les efforts manuels requis pour évaluer et livrer les aliments.

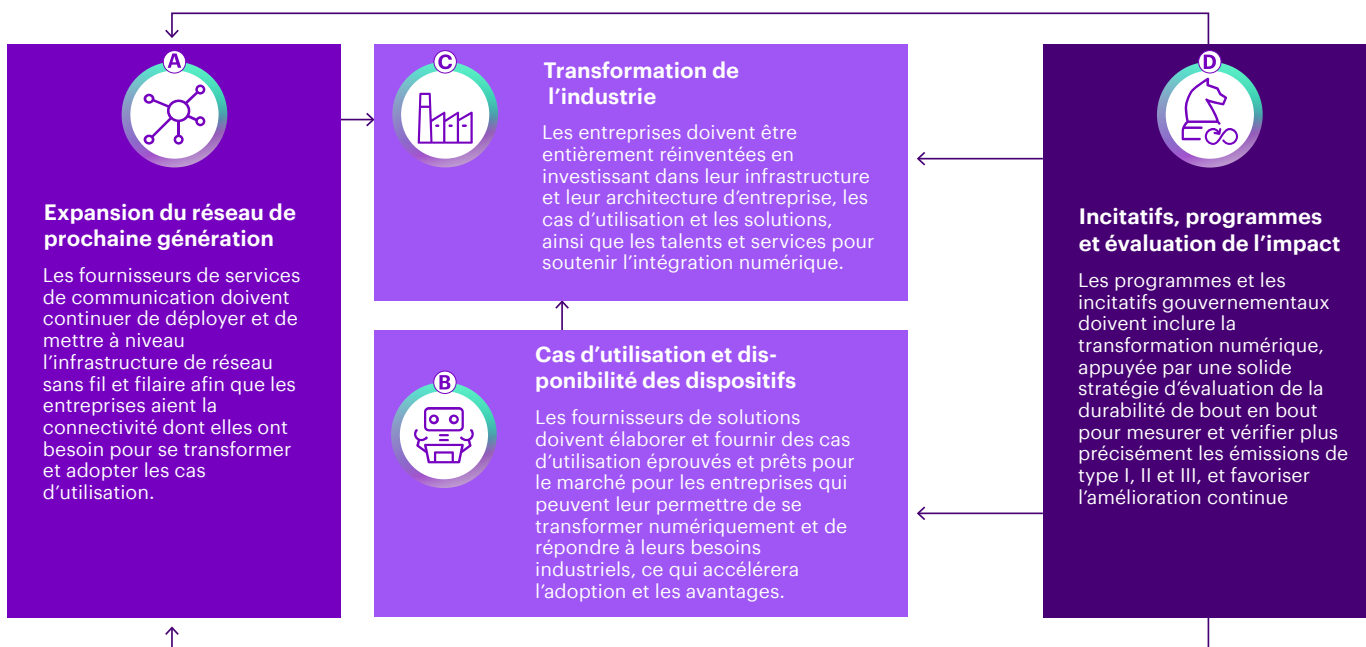
Appel à l'action

Pour répondre à la demande alimentaire croissante, les fermes doivent surmonter les défis liés à la gestion des cultures et des animaux d'élevage, aux pénuries de main-d'œuvre et à la visibilité de la chaîne d'approvisionnement. L'avenir de l'agriculture s'oriente vers des niveaux accrus d'automatisation et des essaims d'appareils connectés, qui peuvent aider les agriculteurs à gérer leur exploitation plus efficacement, tout en réduisant leur impact environnemental. Grâce aux réseaux filaires et sans fil à haute vitesse, les agriculteurs peuvent tirer parti de la puissance du nuage et de la périphérie pour contenir leurs coûts et leur consommation d'énergie tout en libérant la puissance des connaissances et de l'automatisation en temps réel. Avec le temps, les fermes pourront devenir de plus en plus autonomes, ce qui permettra aux agriculteurs de se concentrer sur des tâches à valeur ajoutée et de prendre de l'expansion pour soutenir la demande accrue de produits agricoles. Pour ce faire, il faut des investissements continus dans les réseaux et la connectivité, ainsi que de l'innovation continue pour s'assurer que les cas d'utilisation sont accessibles à un prix que les fermes peuvent facilement payer, permettant ainsi des pratiques agricoles plus durables.

Défis et possibilités d'adoption

Les exemples que nous avons montrés jusqu'à maintenant illustrent comment la transformation numérique axée sur la connectivité représente un levier important dans la lutte contre les changements climatiques et pour répondre aux ambitions de durabilité du Canada. Toutefois, pour réaliser et accélérer ces avantages, quatre facteurs essentiels peuvent jouer un rôle important.

Leviers d'accélération de la durabilité au Canada



Expansion des réseaux de la prochaine génération

Essentiellement, une transformation numérique réussie repose sur l'accès à des réseaux filaires et sans fil fiables. Au moment où les entreprises cherchent à élaborer de nouveaux modèles, de nouvelles offres et de nouvelles façons de mener leurs activités, les technologies émergentes seront au cœur du projet, de même que les réseaux et la connectivité de pointe pour appuyer la transformation. Les fournisseurs de services de communication prennent conscience de cette demande croissante et investissent activement dans l'expansion et l'amélioration des réseaux. En 2021, les investissements des fournisseurs de services de communication dans les réseaux sans fil et filaires se sont accrus de 16% et 11% respectivement par rapport à 2020¹¹.

Cependant, la réalisation des avantages de la transformation numérique exigera des investissements continus dans l'expansion et l'amélioration des réseaux. De nombreuses entreprises situées dans des régions très éloignées ont besoin d'un accès à des capacités de réseau au-delà de ce qu'elles ont aujourd'hui. Même dans les collectivités où la connectivité est bonne, il faudra investir dans l'amélioration et la mise à niveau des réseaux existants afin d'appuyer des cas d'utilisation plus avancés et à forte intensité de données et leurs avantages connexes sur le plan de la durabilité.

C'est un défi de taille : Le Canada occupe la deuxième plus grande superficie de toutes les nations, et une grande partie du pays est peu peuplée¹². Cela rend le déploiement de l'infrastructure de réseau extrêmement difficile et coûteux, et l'entretien est tout aussi difficile.

Malgré ces défis, les fournisseurs de services de communication, en grande partie en raison d'un environnement réglementaire qui reconnaît que les investisseurs devraient pouvoir obtenir un taux de rendement sur l'investissement raisonnable, ont investi des milliards de dollars pour construire et exploiter des réseaux de télécommunications de calibre mondial. La nécessité pour les fournisseurs de services de communication de continuer à investir dans le développement et le déploiement de réseaux partout au pays exige une approche réglementaire similaire. Les avantages pour l'économie canadienne (et le fait de permettre aux secteurs verticaux de l'industrie de devenir plus efficaces et plus durables) en valent la peine.

Cas d'utilisation et disponibilité des dispositifs

Même avec les bons réseaux en place, bon nombre des avantages de la transformation numérique ne peuvent être pleinement saisis sans des cas d'utilisation éprouvés et prêts pour le marché que les entreprises peuvent déployer.

Bien que bon nombre des appareils dont les entreprises ont besoin pour se transformer numériquement soient disponibles aujourd'hui, il existe encore des lacunes sur le marché pour répondre aux besoins industriels. Par exemple, dans de nombreux contextes, y compris le raffinage du pétrole et du gaz ainsi que la fabrication de produits chimiques, la menace d'explosions limite l'utilisation d'appareils courants comme les téléphones cellulaires et les tablettes, qui peuvent produire des étincelles. Pour apporter les avantages de la connectivité aux activités de base de ces secteurs verticaux de l'industrie, tout en demeurant conformes aux normes du Règlement sur la santé et la sécurité au travail, de nouveaux dispositifs intrinsèquement sûrs doivent être mis au point et mis sur le marché¹³.

De plus, de nombreuses formes de transformation numérique exigent le déploiement et l'intégration d'un mélange complexe de logiciels et de services, en plus des appareils eux-mêmes. Pour qu'un plus grand nombre d'entreprises puissent adopter ces cas d'utilisation et devenir plus durables, la collaboration et l'innovation dans les écosystèmes seront essentielles. Les fournisseurs de solutions doivent continuer de réunir tous les éléments de ces solutions et d'innover en matière de prix pour accélérer leur adoption et leurs avantages.

Transformation des secteurs verticaux de l'industrie

Pour se moderniser et devenir plus durables, les entreprises doivent adopter la réinvention globale, bâtir un solide noyau numérique et intégrer la prochaine génération de solutions émergentes et de cas d'utilisation. Pour cela, les entreprises doivent investir sur plusieurs fronts : leur propre infrastructure et leur architecture d'entreprise en tant que base essentielle pour diffuser les données dans l'ensemble de l'entreprise, les cas d'utilisation et les solutions qui permettent directement la transformation numérique, et les bons talents et services pour faciliter l'intégration de la technologie et la transition numérique. Ces investissements exigent que les entreprises et les investisseurs fassent preuve de diligence et tiennent compte de la création de valeur à long terme et des avantages ESG lorsqu'ils établissent les priorités en matière de déploiement du capital.

À mesure que les secteurs verticaux de l'industrie se transformeront, le rôle des travailleurs évoluera davantage, et les organisations doivent s'assurer d'embaucher, de perfectionner et de conserver les ensembles de compétences spécialisées nécessaires pour demain, comme les compétences en génie nécessaires pour maximiser la valeur des modèles génératifs d'IA.

Incitatifs, programmes et évaluation de l'impact

Les programmes gouvernementaux actuels et les incitatifs offerts aux entreprises sont axés sur les investissements dans les technologies propres et les énergies renouvelables. Souvent, ces sources de financement ne s'étendent pas aux types de transformation numérique dont il est question dans le présent document, malgré la possibilité d'avantages considérables sur le plan de la durabilité. Le Canada doit élargir son approche pour relever les défis environnementaux et, ce faisant, permettre aux secteurs verticaux de l'industrie de devenir plus durables.

Cela pourrait être encore plus efficace avec une solide stratégie d'évaluation de bout en bout. À l'heure actuelle, de nombreux programmes reposent sur l'autodéclaration des entreprises, qui est sujette à la variabilité et limite la capacité de favoriser l'amélioration continue et de prendre des décisions d'investissement éclairées. À l'avenir, la capacité d'évaluer et de vérifier plus précisément les émissions de type I, II et III permettra au gouvernement et à l'industrie de se concentrer sur les types particuliers de transformation numérique qui ont le plus d'impact, en plus de stimuler l'innovation, la responsabilisation et l'action.

Approches mondiales et leçons apprises

Plusieurs pays qualifient la transformation numérique d'accélérateur des objectifs de durabilité et concentrent leurs investissements sur l'infrastructure numérique et les cas d'utilisation de la prochaine génération pour avoir un impact plus important. Le Canada a l'occasion d'apprendre de ces gouvernements, alliances et entreprises et de s'y inspirer pour trouver des façons d'encourager la modernisation des entreprises pour obtenir des résultats en matière de durabilité.

Nous présentons ci-dessous des exemples mondiaux de la croissance de l'investissement dans la transformation numérique au profit de la durabilité :

UE – Partenariat public-privé (PPP) 5G¹⁴

Le partenariat public-privé 5G est une initiative conjointe entre plus de cinq gouvernements européens et des acteurs de l'industrie des télécommunications (dont Nokia, Orange, Vodafone, Deutsche Telekom, etc.). L'Union européenne s'est engagée à fournir 700 millions d'euros pour ce partenariat, notamment pour le développement d'une infrastructure de réseau, de l'informatique en nuage et de l'Internet des objets (IdO), ainsi que des applications et services innovants qui peuvent tirer parti des capacités des réseaux 5G. Parallèlement, le secteur privé a investi 3,5 milliards d'euros dans la recherche et l'innovation dans le domaine de la 5G. Voici quelques initiatives qui ont été lancées grâce à ce partenariat :

- **Usines de demain** : Cette initiative vise à renforcer la compétitivité de l'industrie manufacturière en augmentant les progrès technologiques des entreprises grâce au développement et à l'intégration de technologies 5G novatrices.
- **Bâtiments écoénergétiques** : L'initiative appuie le secteur de la construction en explorant des méthodes et des technologies novatrices, comme des systèmes et des matériaux écoénergétiques pour les nouveaux bâtiments, afin de réduire considérablement la consommation d'énergie et les émissions de carbone des bâtiments.
- **Véhicules verts** : L'objectif de cette initiative est de promouvoir la recherche et le développement de technologies clés qui favorisent la circularité et la sécurité dans la planification des transports.

Le partenariat public-privé 5G joue un rôle crucial dans le parcours de l'Europe vers un avenir plus vert en promouvant des initiatives de transformation numérique qui reposent largement sur le développement et le déploiement de réseaux 5G. L'expansion rapide de ces réseaux a contribué pour la première fois à la formation d'écosystèmes 5G à grande échelle¹¹⁵, transformant finalement les entreprises et la société dans son ensemble et ouvrant la voie à une économie numérique et verte pour l'Europe. Le succès de cette transition est attribuable aux efforts de collaboration des gouvernements des pays participants, des entreprises de télécommunications et des entreprises de tous les secteurs de l'industrie, avec un objectif commun : réduire les impacts environnementaux des changements climatiques.

Le Canada a l'occasion de suivre les traces de l'Europe et d'accélérer ses propres objectifs en matière de durabilité en adoptant une approche semblable. En favorisant les investissements dans le déploiement à grande échelle des réseaux 5G et des solutions numériques, le Canada peut accélérer la voie vers un avenir plus durable. Cela nécessitera une collaboration entre les gouvernements fédéral et provinciaux et l'industrie des télécommunications pour diffuser les réseaux à haute vitesse, ainsi que les cas d'utilisation et les solutions numériques que ces réseaux permettent d'offrir dans l'ensemble du pays.

Programme de l'écosystème des villes intelligentes en Corée du Sud¹¹⁶

Le gouvernement sud-coréen investit environ 20 milliards de dollars dans le développement de l'écosystème des villes intelligentes. Cet investissement a permis aux gouvernements fédéral et provinciaux de s'associer à des fournisseurs de TIC pour établir des projets pilotes de villes intelligentes à Séoul, Busan, Incheon et Daejeon, en mettant l'accent sur le transport, la gestion de l'énergie, la sécurité publique et les soins de santé. Le gouvernement a lancé des incubateurs d'innovation pour que les entreprises mettent au point et mettent à l'essai de nouvelles technologies et de nouveaux services, avant de les mettre à l'échelle en vue d'un déploiement plus vaste dans les villes des projets pilotes. Ces incubateurs ont donné lieu à la création de réseaux intelligents d'électricité et d'eau, de systèmes intelligents de gestion des déchets et d'une plateforme intégrée de ville intelligente, chacun générant des avantages uniques en matière de durabilité pour les centres urbains.

Par exemple, Busan utilise des capteurs et un système intelligent de gestion de l'eau pour effectuer une surveillance en temps réel de la pression, de la température, de la qualité et de la consommation de l'eau tout au long du cycle de gestion de l'eau (du captage des précipitations au traitement et à la réutilisation des eaux usées). Busan tire parti de ces connaissances pour améliorer la qualité et la réutilisabilité de l'eau et devenir la première ville coréenne spécialisée dans l'eau dans le but de recycler 100 % de l'eau utilisée¹¹⁷.

L'approche de la Corée du Sud à l'égard de l'écosystème de villes intelligentes s'articule autour de la 5G et des cas d'utilisation novateurs qu'elle permet. Plus important encore, le gouvernement de la Corée du Sud a élaboré une feuille de route solide sur cinq ans, afin d'unifier et d'harmoniser les secteurs public et privé par rapport à leur rôle dans la réalisation de la vision du programme. À chaque étape de la feuille de route, le gouvernement joue un rôle essentiel en favorisant l'innovation dans les villes intelligentes, en appuyant le développement technologique et le renforcement des capacités dans les secteurs pertinents, et en nourrissant l'écosystème grâce à l'amélioration de la réglementation, au soutien des entreprises en démarrage et à la gouvernance coopérative. Par conséquent, la Corée du Sud a réussi à développer des villes intelligentes dans tout le pays, accélérant ainsi leurs avantages en matière de développement durable.

Ce programme est en train de devenir le programme de villes intelligentes le plus réussi au monde, dont le Canada peut s'inspirer et tirer des leçons. Le succès de ce programme est attribuable à des efforts hautement coordonnés et à l'harmonisation entre les intervenants de divers secteurs de l'industrie. Le Canada peut envisager cet exemple même à l'extérieur des villes intelligentes, car la modernisation numérique exigera une vaste collaboration au sein des secteurs verticaux et entre eux. De plus, le programme sud-coréen a démontré l'importance de l'harmonisation entre le secteur public et privé, ainsi que de travailler ensemble et d'investir conjointement dans des solutions de développement durable.



Conclusion



Pour relever les défis de notre époque, le Canada doit aller au-delà des énergies renouvelables et des énergies de recharge et accepter le rôle que peut jouer la transformation industrielle dans un avenir plus durable.

Les entreprises canadiennes, en particulier dans les secteurs à émissions élevées, ont une occasion importante de moderniser davantage leurs opérations actuelles grâce à la puissance de la connectivité. Que ce soit sous forme de déploiement de dispositifs connectés sur le terrain ou de changements à l'échelle de l'entreprise comme le passage à l'informatique en nuage, ces changements augmentent la production, réduisent les efforts gaspillés et réduisent la consommation de carburant et d'énergie.

Ce faisant, nous pouvons nous rapprocher de nos engagements en matière d'environnement, en réduisant de façon significative les émissions de gaz à effet de serre ainsi que le gaspillage des ressources. En même temps, nous devenons plus concurrentiels sur la scène mondiale et créons des milieux de travail plus durables et fiables pour les employés.

Cette transformation du mode de fonctionnement des entreprises canadiennes est déjà en cours, bien que l'atteinte de l'ampleur de nos objectifs de durabilité exige des changements plus vastes. Pour ce faire, nous devons nous assurer de continuer à investir dans l'infrastructure de réseau de grande qualité nécessaire pour les cas d'utilisation de demain, en soutenant un écosystème sain d'appareils et de cas d'utilisation, en développant les bons talents et les bonnes compétences, en réfléchissant aux incitatifs et programmes appropriés pour stimuler l'investissement dans le secteur privé, ainsi qu'en évaluant efficacement l'impact.

L'avenir du Canada est prometteur et dépend de la modernisation – les gouvernements, les fournisseurs de services de communication et les secteurs verticaux de l'industrie peuvent travailler ensemble pour utiliser le pouvoir de la connectivité pour faire du Canada un pays plus durable.

Cadres responsables de la supervision

Robin Sahota

Responsable de l'industrie au Canada, Communications et médias

robin.sahota@accenture.com

Tejas Rao

Directeur général, Réseaux Avantage nuagique

tejas.rao@accenture.com

Auteurs

Will McCluskey

Gestionnaire principal, Stratégie, Communications et médias

Halima Ismaili

Conseillère, Stratégie, Communications et médias

Contributeurs

Adam Foster

Responsable de l'industrie au Canada, Pétrole et gaz

Rahul Mathur

Responsable de l'industrie au Canada, Mines

Greg Spata

Directeur général, Agriculture

Lauren Rooney

Directrice principale, Stratégie, Ressources

Namit Bhargava

Directeur principal, Stratégie, Développement durable

Samir Ahshrup

Directeur associé, Réseaux, Avantage nuagique

Maria Lin

Analyste, Stratégie

Références

- ¹ “ACCELERATING 5G in CANADA: The Role of 5G in the Fight against Climate Change.” n.d. Accessed July 14, 2023. https://canadatelecoms.ca/wp-content/uploads/2023/03/5G_Role_In_Fight_Against_Climate_Change.pdf
- ² Service Canada, “Net-Zero Emissions by 2050,” November 19, 2020, <https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/net-zero-emissions-2050.html>
- ³ Environment and Climate Change Canada, “Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada: Executive Summary 2022,” program results, April 14, 2022, <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/greenhouse-gas-emissions/sources-sinks-executive-summary-2022.html>
- ⁴ “THE FUTURE IS NOW.” n.d. Accessed May 17, 2023. <https://www.unicef.ca/sites/default/files/2022-05/UNICEF%20RC17%20Canadian%20Companion%20%28ENG%29%20-%20DigitalFINAL.pdf>
- ⁵ Environment and Climate Change Canada, “Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada: Executive Summary 2022,” program results, April 14, 2022, <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/greenhouse-gas-emissions/sources-sinks-executive-summary-2022.html>
- ⁶ Government of Canada, Natural Resources Canada. 2020. “Canada’s GHG Emissions by Sector, End Use and Subsector – Including Electricity-Related Emissions.” Oee.nrcan.gc.ca. January 30, 2020. <https://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/showTable.cfm?type=HB§or=aaa&juris=ca&rn=3&page=0>
- ⁷ Canada, Natural Resources. 2021. “Carbon Management Strategy (Formerly Known as the Carbon Capture, Utilization and Storage Strategy).” Natural-Resources.canada.ca. June 11, 2021. <https://natural-resources.canada.ca/climate-change/canadas-green-future/carbon-capture-utilization-and-storage-strategy/23721>
- ⁸ “What Is a Digital Twin and Why It’s Important to IoT | Network World,” accessed May 7, 2023, <https://www.networkworld.com/article/3280225/what-is-digital-twin-technology-and-why-it-matters.html>
- ⁹ “How Can Route Optimisation Save You 20% on Fuel Usage?” 2022. AxiomQ. June 1, 2022. <https://axiomq.com/blog/how-can-route-optimisation-save-you-20-on-fuel-usage/>
- ¹⁰ Staff, EP Editorial. 2021. “Digital Tools Accelerate Sustainability.” Efficient Plant. July 1, 2021. <https://www.efficientplantmag.com/2021/07/digital-tools-accelerate-sustainability/>
- ¹¹ WSP USA and Microsoft. 2018. “Environmental Benefits of Cloud Computing | WSP.” Wwww.wsp.com. 2018. <https://www.wsp.com/en-US/insights/microsoft-cloud-computing-environmental-benefit-study>
- ¹² Augury, “Saving Energy with Predictive Maintenance,” Augury, April 24, 2017, <https://www.augury.com/blog/saving-energy-costs-predictive-maintenance/>
- ¹³ Augury, “Saving Energy with Predictive Maintenance,” Augury, April 24, 2017, <https://www.augury.com/blog/saving-energy-costs-predictive-maintenance/>
- ¹⁴ Accenture Experience

15 Accenture Experience

16 “Precision Agriculture: Potential and Limits.” n.d. The Nature Conservancy. <https://www.nature.org/en-us/what-we-do/our-insights/perspectives/precision-agriculture-potential-and-limits/#:~:text=Precision%20agriculture%20is%20an%20obvious%20change%20for%20the>

17 “Precision Agriculture: Potential and Limits.” n.d. The Nature Conservancy. <https://www.nature.org/en-us/what-we-do/our-insights/perspectives/precision-agriculture-potential-and-limits/#:~:text=Precision%20agriculture%20is%20an%20obvious%20change%20for%20the>

18 Government of Canada, Innovation. 2023. “Funding and Support Opportunities.” Ised-Isde.canada.ca. May 17, 2023. <https://ised-isde.canada.ca/site/clean-growth-hub/en/funding-opportunities#federal>

19 Environment and Climate Change Canada, “Causes of Climate Change,” education and awareness, August 4, 2009, <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/causes.html>

20 Public Services and Procurement Canada Government of Canada, “Energy Fact Book . : M136-1E-PDF - Government of Canada Publications - Canada.Ca,” July 1, 2002, <https://publications.gc.ca/site/eng/9.812868/publication.html>

21 Government of Canada. 2020. “Greenhouse Gas Emissions - Canada.ca.” Canada.ca. 2020. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/greenhouse-gas-emissions.html>

22 Government of Canada. 2020. “Greenhouse Gas Emissions - Canada.ca.” Canada.ca. 2020. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/greenhouse-gas-emissions.html>

23 Government of Canada. 2020. “Greenhouse Gas Emissions - Canada.ca.” Canada.ca. 2020. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/greenhouse-gas-emissions.html>

24 Government of Canada. 2020. “Net-Zero Emissions by 2050.” Government of Canada. November 19, 2020. <https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/net-zero-emissions-2050.html>

25 Canada, Natural Resources. 2021. “Carbon Management Strategy (Formerly Known as the Carbon Capture, Utilization and Storage Strategy).” Natural-Resources.canada.ca. June 11, 2021. <https://natural-resources.canada.ca/climate-change/canadas-green-future/carbon-capture-utilization-and-storage-strategy/23721>

26 “Who We Are - Pathways Alliance,” Pathways Alliance -, November 16, 2021, <https://pathwaysalliance.ca/who-we-are/>

27 Canada, Environment and Climate Change. 2022. “Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada: Executive Summary 2022.” Www.canada.ca. April 14, 2022. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/greenhouse-gas-emissions/sources-sinks-executive-summary-2022.html>

28 Stiebert, Seton, Dave Sawyer- February 23, and 2023. n.d. “Early Estimate of National Emissions (EENE) Shows Promising Trends for 2021.” 440 Megatonnes: Tracking Canada’s Path to Net Zero. Accessed May 17, 2023. <https://440megatonnes.ca/insight/early-estimate-of-national-emissions-shows-promising-trends-for-2021/>

29 Canada, Environment and Climate Change. 2022. “Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada: Executive Summary 2022.” Www.canada.ca. April 14, 2022. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/greenhouse-gas-emissions/sources-sinks-executive-summary-2022.html>

- ³⁰ “Largest Waste Producing Countries per Capita,” Statista, accessed May 8, 2023, <https://www.statista.com/statistics/1168066/largest-waste-producing-countries-worldwide-per-capita/>
- ³¹ “Canada Produces the Most Waste in the World. The US Ranks Third,” USA TODAY, accessed May 5, 2023, <https://www.usatoday.com/story/money/2019/07/12/canada-united-states-worlds-biggest-producers-of-waste/39534923/>
- ³² “Largest Waste Producing Countries per Capita,” Statista, accessed May 8, 2023, <https://www.statista.com/statistics/1168066/largest-waste-producing-countries-worldwide-per-capita/>
- ³³ kelly.loverock@scienceadvice.ca. 2021. “Circular Economy Presents Significant Opportunities and Unique Challenges for Canada: New Report.” Cca. November 25, 2021. <https://cca-reports.ca/circular-economy-presents-significant-opportunities-and-unique-challenges-for-canada-new-report/>
- ³⁴ “Eight Facts about Water in Canada,” accessed May 5, 2023, <https://canadiangeographic.ca/articles/eight-facts-about-water-in-canada/>
- ³⁵ burmanharry, “Does Vertical Farming Use Less Water? If So, How Much?,” Hydroponic Capital (blog), accessed May 5, 2023, <https://hydroponiccapital.com/does-vertical-farming-use-less-water-if-so-how-much/>
- ³⁶ “Industrial Water Use: Analysis,” accessed May 8, 2023, <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-401-x/2012001/part-partie1-eng.htm>
- ³⁷ “Chery Jaguar Land Rover Brings Global Expertise to the Factory Floor | GE Digital.” n.d. Www.ge.com. <https://www.ge.com/digital/customers/chery-jaguar-land-rover-brings-global-expertise-factory-floor>
- ³⁸ “Mobile Data Traffic Forecast – Mobility Report,” accessed May 5, 2023, <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/dataforecasts/mobile-traffic-forecast>
- ³⁹ “5G vs 4G: What’s the Difference? | Thales Group.” www.thalesgroup.com, [www.thalesgroup.com, www.thalesgroup.com/en/worldwide-digital-identity-and-security/mobile/magazine/5g-vs-4g-whats-difference#:~:text=5G%20up%20to%20100%20times](http://www.thalesgroup.com/en/worldwide-digital-identity-and-security/mobile/magazine/5g-vs-4g-whats-difference#:~:text=5G%20up%20to%20100%20times)
- ⁴⁰ Accenture Experience
- ⁴¹ Accenture Experience
- ⁴² “5G MEC Use Cases: How Can Businesses Leverage 5G and MEC?” n.d. Verizon Enterprise. <https://www.verizon.com/business/resources/articles/s/how-can-businesses-leverage-5g-and-mec/>
- ⁴³ “Cellular Networks for Massive IoT|Whitepaper.” 2020. Ericsson.com. January 29, 2020. <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/cellular-networks-for-massive-iot--enabling-low-power-wide-area-applications>
- ⁴⁴ “Understanding Important 5G Concepts: What Are EMBB, URLLC and mMTC?” 2023. Www.verizon.com. March 30, 2023. <https://www.verizon.com/about/news/5g-understanding-embb-urllc-mmtc>
- ⁴⁵ “How 5G Massive MIMO Transforms Your Mobile Experiences,” accessed May 8, 2023, <https://www.qualcomm.com/news/onq/2019/06/how-5g-massive-mimo-transforms-your-mobile-experiences>
- ⁴⁶ “Predictive Maintenance: What Is PdM Maintenance?” n.d. Fiix. <https://www.fiixsoftware.com/maintenance-strategies/predictive-maintenance/>

- ⁴⁷ Accenture Experience
- ⁴⁸ Daniels, Guy. 2022. "Defining the Green Network." TelecomTV. January 18, 2022. <https://www.telecomtv.com/content/the-green-network/defining-the-green-network-43339/>
- ⁴⁹ "5G and Sustainability: The Role of Green 5G in the Energy Transition - STL Partners," accessed May 7, 2023, <https://stlpartners.com/articles/sustainability/5g-and-sustainability/>
- ⁵⁰ "Private Networks Help Companies Go Green | Fierce Wireless," accessed May 7, 2023, <https://www.fiercewireless.com/private-wireless/private-networks-help-companies-go-green>
- ⁵¹ Shaw, Keith. 2019. "What Is a Digital Twin? [and How It's Changing IoT, AI and More]." Network World. January 31, 2019. <https://www.networkworld.com/article/3280225/what-is-digital-twin-technology-and-why-it-matters.html>
- ⁵² "The Critical Role of Virtual Twins in Accelerating Sustainability." n.d. Accessed May 18, 2023. <https://www.3ds.com/assets/invest/2021-01/dassault-systemes-and-accenture-virtual-twin-and-sustainability.pdf>
- ⁵³ "Why Big Data Is Important To Fleet Management | Verizon Connect," accessed May 7, 2023, <https://www.verizonconnect.com/resources/article/big-data-fleet-management/>
- ⁵⁴ Intel® technologies can enable predictive fleet maintenance, Help Improve Driver Operation, and Monitor Cargo, "IoT-Based Fleet Management and Telematics," Intel, accessed May 7, 2023, <https://www.intel.com/content/www/ca/en/transportation/iot-fleet-management.html>
- ⁵⁵ Admin. 2023. "IoT for Fleet Management: Benefits, Use Cases & How It Works." Rishabh Software. January 19, 2023. <https://www.rishabhsoft.com/blog/iot-in-fleet-management>
- ⁵⁶ "How Can Route Optimisation Save You 20% on Fuel Usage?" 2022. AxiomQ. June 1, 2022. <https://axiomq.com/blog/how-can-route-optimisation-save-you-20-on-fuel-usage/>
- ⁵⁷ "Coopertrans Logistics - MiX Telematics North America," accessed May 7, 2023, <https://mixtelematics.com/us/resources/case-studies/coopertrans-logistics/>
- ⁵⁸ Staff, EP Editorial. 2021. "Digital Tools Accelerate Sustainability." Efficient Plant. July 1, 2021. <https://www.efficientplantmag.com/2021/07/digital-tools-accelerate-sustainability/>
- ⁵⁹ "Automation, Efficiency, and the Future of Manufacturing." 2019. October 15, 2019. <https://www.innovativeautomation.com/automation-systems-drive-efficiency-quality/>
- ⁶⁰ WSP USA and Microsoft. 2018. "Environmental Benefits of Cloud Computing | WSP." Wwww.wsp.com. 2018. <https://www.wsp.com/en-US/insights/microsoft-cloud-computing-environmental-benefit-study>
- ⁶¹ "Canada's Economic Contribution | Canada Natural Resources & GDP." n.d. CAPP | a Unified Voice for Canada's Upstream Oil and Gas Industry. <https://www.capp.ca/economy/canadian-economic-contribution/#::-text=Canada>
- ⁶² Government of Canada, Public Services and Procurement Canada. n.d. "Information Archivée Dans Le Web." Publications.gc.ca. https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/eccc/En81-4-2021-1-eng.pdf

- ⁶³ Department of Finance Canada, “Government Launches Consultations on Border Carbon Adjustments,” news releases, August 5, 2021, <https://www.canada.ca/en/department-finance/news/2021/08/government-launches-consultations-on-border-carbon-adjustments.html>
- ⁶⁴ Accenture Experience; Global Affairs Canada, “State of Trade 2020,” GAC, June 3, 2020, <https://www.international.gc.ca/gac-amc/publications/economist-economiste/state-of-trade-commerce-international-2020.aspx?lang=eng>; “Canada Exports By Country,” accessed May 8, 2023, <https://tradingeconomics.com/canada/exports-by-country>
- ⁶⁵ “Canada Exports by Country.” n.d. Tradingeconomics.com. <https://tradingeconomics.com/canada/exports-by-country>
- ⁶⁶ Ammar, Nasreddine, Marianne Laurin, and Diarra Sourang. 2023. “A Distributional Analysis of the Federal Fuel Charge under the 2030 Emissions Reduction Plan.” Www.pbo-Dpb.ca. March 30, 2023. <https://www.pbo-dpb.ca/en/publications/RP-2223-028-S--distributional-analysis-federal-fuel-charge-under-2030-emissions-reduction-plan--analyse-distributive-redevance-federale-combustibles-dans-cadre-plan-reduction-emissions-2030#:~:text=Highlights>
- ⁶⁷ “GHG Emissions Reduction Program – Canadian Natural Resources.” n.d. Www.cnrl.com. Accessed May 17, 2023. <https://www.cnrl.com/sustainability/climate-ghg-emissions/ghg-emissions-reduction-program/>
- ⁶⁸ John Koon, “How Preventive and Predictive Maintenance Is Changing Production,” EE Times Europe (blog), December 21, 2021, <https://www.eetimes.eu/how-preventive-and-predictive-maintenance-is-changing-production/>
- ⁶⁹ “Predictive Maintenance in Oil & Gas Industry: The Complete Guide.” n.d. Birlasoft. <https://www.birlasoft.com/articles/predictive-maintenance-in-oil-gas-Industry#:~:text=Predictive%20maintenance%20systems%20make%20maintenance>
- ⁷⁰ Augury, “Saving Energy with Predictive Maintenance,” Augury, April 24, 2017, <https://www.augury.com/blog/saving-energy-costs-predictive-maintenance/>
- ⁷¹ “Ecopetrol realiza prueba piloto con tecnología 5G en la refinería de Barrancabermeja,” accessed May 8, 2023, <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/noticias/detalle/pruebas5g>
- ⁷² “BNamericas - Ecopetrol Readies US\$800mn Barrancabermeja r...” BNamericas.com, accessed May 8, 2023, <https://www.bnamericas.com/en/news/ecopetrol-readies-us800mn-barrancabermeja-refinery-upgrade>
- ⁷³ “Drilling Emissions Management Reduce Emissions during Well Construction through Planning, Monitoring, and Innovation.” n.d. Accessed May 17, 2023. <https://www.slb.com/-/media/files/dig/product-sheet/drilling-emissions-management-ps.ashx#:~:text=Getting%20emissions%20under%20control>
- ⁷⁴ Mike Jeffs, “Driving Decarbonisation with Digital Twins,” Hark (blog), May 20, 2021, <https://harksys.com/blog/driving-decarbonisation-with-digital-twins/>
- ⁷⁵ Natural Resources Canada, “Minerals and the Economy” (Natural Resources Canada, January 25, 2018), <https://natural-resources.canada.ca/our-natural-resources/minerals-mining/minerals-metals-facts/minerals-and-the-economy/20529>
- ⁷⁶ “Canada Unveils \$2.78bn Critical Minerals Strategy,” accessed May 8, 2023, <https://www.mining-technology.com/news/canada-critical-minerals-strategy/>

- ⁷⁷ Government of Canada, Public Services and Procurement Canada. n.d. "Information Archivée Dans Le Web." Publications.gc.ca. Accessed May 10, 2023. https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/eccc/En81-4-2021-1-eng.pdf
- ⁷⁸ "Emissions Data | Alberta Energy Regulator," accessed May 8, 2023, <https://www.aer.ca/protecting-what-matters/holding-industry-accountable/industry-performance/methane-performance/emissions-data>
- ⁷⁹ Government of Canada, Statistics Canada. 2018. "Water Intake in Mineral Extraction Industries, by Source and by Industry." Www150.Statcan.gc.ca. June 27, 2018. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=3810006901>
- ⁸⁰ Josh Solomon, "The Rise of Autonomous Trucks in the Mining Industry," MiX Telematics North America, accessed May 5, 2023, <https://mixtelematics.com/us/resources/blog/autonomous-trucks-in-mining/>
- ⁸¹ "Canada Has a Toxic Tailings Problem," The Hill Times (blog), accessed May 8, 2023, <https://www.hilltimes.com/story/2023/03/09/canada-has-a-toxic-tailings-problem/380693/>
- ⁸² Forests, Ministry of. n.d. "Module 4: Dam Failures - Province of British Columbia." Www2.Gov.bc.ca. <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/water/drought-flooding-dikes-dams/dam-safety/11965/12021/module-4-dam-failures>
- ⁸³ "How to Increase Safety in Tailing Dams with WirelessHART and IIoT," Netilion Blog, August 16, 2019, <https://netilion.endress.com/blog/tailing-dams-safety-wirelesshart/>
- ⁸⁴ "How to Increase Safety in Tailing Dams with WirelessHART and IIoT." 2019. Netilion Blog. August 16, 2019. <https://netilion.endress.com/blog/tailing-dams-safety-wirelesshart/>
- ⁸⁵ Accenture Experience
- ⁸⁶ Accenture Experience
- ⁸⁷ United States Environmental Protection Agency. 2015. "Benefits of Capturing and Using Coal Mine Methane." Www.epa.gov. December 7, 2015. <https://www.epa.gov/cmop/benefits-capturing-and-using-coal-mine-methane>
- ⁸⁸ "Caterpillar Launches New Connected Worker System for Extra Layer of Mine Site Safety - International Mining," accessed May 7, 2023, <https://im-mining.com/2021/09/14/caterpillar-launches-new-connected-worker-system-for-extra-layer-of-mine-site-safety/>
- ⁸⁹ Accenture Experience; Suncor Energy Inc. 2021. Review of Report on Sustainability 2021. https://sustainability-prd-cdn.suncor.com/-/media/project/ros/shared/documents/reports-on-sustainability/2021-report-on-sustainability-en.pdf?modified=20220610120100&_ga=2.115524742.1021518340.1684177772-165999669.1684177772
- ⁹⁰ Nations, United. 2017. "World Population Projected to Reach 9.8 Billion in 2050, and 11.2 Billion in 2100." United Nations. 2017. <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100#:~:text=The%20current%20world%20population%20of>
- ⁹¹ Government of Canada. 2020. "Greenhouse Gas Emissions - Canada.ca." Canada.ca. 2020. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/greenhouse-gas-emissions.html>

- ⁹² “Seeking End to Loss and Waste of Food along Production Chain,” Food and Agriculture Organization of the United Nations, accessed May 8, 2023, <http://www.fao.org/in-action/seeking-end-to-loss-and-waste-of-food-along-production-chain/en/>
- ⁹³ “More than Half of All Food Produced in Canada Is Lost or Wasted, Report Says | CBC News,” accessed May 8, 2023, <https://www.cbc.ca/news/canada/toronto/food-waste-report-second-harvest-1.4981728>
- ⁹⁴ Gouvernement du Canada, Statistique Canada. 2022. “Le Manitoba compte la plus forte proportion de jeunes exploitants agricoles au Canada.” www.150.Statcan.gc.ca. Juin 15, 2022. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/96-325-x/2021001/article/00007-fra.htm>
- ⁹⁵ “Chronic Labour Shortages in Agriculture Are Putting Canada’s Food Security at Risk,” November 8, 2022, <https://www.cfib-fcei.ca/en/media/chronic-labour-shortages-in-agriculture-are-putting-canadas-food-security-at-risk>
- ⁹⁶ All Regions, “The Impact of Pests on the Agriculture Industry,” Pest Control Services | Safeguard (blog), October 11, 2018, <https://www.safeguardpestcontrol.co.uk/impact-pests-agriculture-industry/>
- ⁹⁷ “Precision Agriculture: Potential and Limits.” n.d. The Nature Conservancy. <https://www.nature.org/en-us/what-we-do/our-insights/perspectives/precision-agriculture-potential-and-limits/#:~:text=Precision%20agriculture%20is%20an%20obvious%20change%20for%20the>
- ⁹⁸ “Case Study: Precision Agriculture,” niolabs, accessed May 5, 2023, <https://niolabs.com/case-studies/agriculture>
- ⁹⁹ “Methane Emissions Are Driving Climate Change. Here’s How to Reduce Them.,” accessed May 7, 2023, <https://www.unep.org/news-and-stories/story/methane-emissions-are-driving-climate-change-heres-how-reduce-them>
- ¹⁰⁰ Agriculture and Agri-Food Canada, “Overview of Canada’s Agriculture and Agri-Food Sector,” November 5, 2021, <https://agriculture.canada.ca/en/sector/overview>
- ¹⁰¹ “IoT, BI and Blockchain Technology Reduces Methane Emissions in Livestock,” Libelium, June 22, 2021, <https://www.libelium.com/libeliumworld/success-stories/iot-business-intelligence-and-blockchain-technology-reduces-methane-emissions-in-a-cattle-farm/>
- ¹⁰² Agriculture and Agri-Food Canada, “Canada’s Red Meat and Livestock Industry at a Glance...,” sound, February 7, 2013, <https://agriculture.canada.ca/en/sector/animal-industry/red-meat-livestock-market-information/industry-profile>
- ¹⁰³ Agriculture and Agri-Food Canada, “Reducing Methane Emissions from Livestock,” sound, January 30, 2019, <https://agriculture.canada.ca/en/news-agriculture-and-agri-food-canada/scientific-achievements-agriculture/reducing-methane-emissions-livestock>
- ¹⁰⁴ “Using Triomatic Automatic Feeding System for 14 Years,” March 25, 2020, <https://www.trioliet.com/stories-about-feeding-dairy-cows-and-beef-cattle/time-saving-tips-for-farmers/item/using-triomatic-automatic-feeding-system-for-14-years>
- ¹⁰⁵ “Cow Burps Targeted as Researchers Look at Ways to Reduce Methane Emissions | CBC News,” accessed May 8, 2023, <https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/methane-emissions-cattle-burps-1.6524690>

- ¹⁰⁶ Canada, Agriculture et Agroalimentaire. 2019. "Réduire les émissions de méthane produites par le bétail." Agriculture.canada.ca. Janvier 30, 2019. <https://agriculture.canada.ca/fr/science/science-racontee/realisations-scientifiques-agriculture/reduire-emissions-methane-produites-betail>
- ¹⁰⁷ "Automatic Feeding System Can Increase Productivity," Food Nation, accessed May 8, 2023, <https://foodnationdenmark.com/cases/automatic-feeding-system-can-increase-productivity/>
- ¹⁰⁸ "Advantages And Maintenance of Automatic Feeding System For Poultry," CHIYU, accessed May 8, 2023, <https://www.chiyumixer.com/news/advantages-and-maintenance-of-automatic-feeding-system-for-poultry.html>
- ¹⁰⁹ "Modernizing Cow Feeding with A Wireless Management System," accessed May 8, 2023, <https://teltonika-networks.com/use-cases/industrial-automation/modernizing-cow-feeding-with-wireless-management-system>
- ¹¹⁰ "Modernizing Cow Feeding with A Wireless Management System," accessed May 8, 2023, <https://teltonika-networks.com/use-cases/industrial-automation/modernizing-cow-feeding-with-wireless-management-system>
- ¹¹¹ Government of Canada, Canadian Radio-television and Telecommunications Commission (CRTC). 2023. "Annual Highlights of the Telecommunications Sector 2021." Crtc.gc.ca. June 20, 2023. <https://crtc.gc.ca/eng/publications/reports/PolicyMonitoring/2022/tel.htm>
- ¹¹² "Countries by Area - WorldAtlas," accessed May 7, 2023, <https://www.worldatlas.com/features/countries-by-area.html>
- ¹¹³ "Canada Occupational Health and Safety Regulations," accessed May 8, 2023, <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/sor-86-304/fulltext.html>
- ¹¹⁴ "5G-PPP." n.d. <https://5g-ppp.eu/>
- ¹¹⁵ "5G for Europe's Digital and Green Recovery | Shaping Europe's Digital Future," accessed May 8, 2023, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/5g-europes-digital-and-green-recovery#5GPPP>
- ¹¹⁶ "The Fourth Industrial Revolution - Korea Invests \$20 Billion In Its Smart City Ecosystem," accessed May 8, 2023, <https://www.forbes.com/sites/normananderson/2021/05/19/the-fourth-industrial-revolutionkorea-invests-20-billion-in-its-smart-city-ecosystem/?sh=4305eca23ed7>
- ¹¹⁷ Introduction : Smart City Comprehensive Portal." n.d. SMART CITY KOREA. <https://smartcity.go.kr/en/%ec%86%8c%ea%b0%9c/>

À propos d'Accenture

Accenture est une entreprise mondiale de services professionnels de premier plan qui aide les entreprises cheffes de file, les gouvernements et autres organisations à construire leur noyau numérique, optimiser leurs opérations, accélérer la croissance de leurs revenus et renforcer les services aux citoyens – en créant de la valeur tangible rapidement et à grande échelle. Nous sommes une entreprise fondée sur le talent et l'innovation avec 738,000 employés servant nos clients dans plus de 120 pays. De nos jours, la technologie est au cœur du changement et nous sommes un des leaders mondiaux dans la conduite de ce changement avec de fortes relations au sein de l'écosystème. Nous combinons notre force en technologie avec une expérience de l'industrie inégalée, de l'expertise fonctionnelle ainsi qu'une capacité de livraison mondiale. Nous avons une capacité unique à produire des résultats en raison de notre vaste gamme de services, de solutions et d'actifs à travers nos lignes d'affaires Strategy & Consulting, Technology, Operations, Industry X et Accenture Song . Ces capacités associées à notre culture du succès partagé et de notre engagement à créer de la valeur à 360° nous permettent d'aider nos clients à réussir et à bâtir des relations durables et de confiance.

Avertissement : Le présent document est fourni à titre d'information générale uniquement, ne tient pas compte de la situation spécifique du lecteur et ne doit pas être utilisée en lieu et place d'une consultation avec nos conseillers professionnels. Le contenu du présent document est basé sur les informations recueillies et comprises au moment de sa création. Accenture et l'Agence Canadienne des Télécommunications fournissent ces informations en l'état, sans déclaration ni garantie et n'assument aucune responsabilité pour toute action ou manquement à agir en réponse aux informations contenues ou référencées dans ce rapport.

Ce rapport a été sponsorisé et produit en partenariat avec l'Agence Canadienne des Télécommunications