

# Unir les expertises numérique et écologique pour la double transition

CADRE DE COMPÉTENCES

ICTC  CTIC

Financé en partie par le gouvernement  
du Canada par le biais du programme  
de stages pratiques pour étudiants

|  Canada

Recherche réalisée par



Information and  
Communications  
Technology Council

Conseil des technologies  
de l'information  
et des communications

## PRÉFACE

Le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) est un centre d'expertise national sans but lucratif qui vise à renforcer l'avantage numérique du Canada dans l'économie mondiale. En fournissant des recherches fiables, des conseils stratégiques pratiques et des solutions de développement des capacités, le CTIC s'assure que les industries canadiennes demeurent concurrentielles à l'échelle mondiale grâce à des talents numériques novateurs et diversifiés. En collaboration avec un vaste réseau de chefs de file de l'industrie, de partenaires universitaires et de décideurs partout au Canada, le CTIC favorise une économie numérique solide et inclusive depuis plus de 30 ans.

### **Pour citer ce rapport :**

Allison Clark, Erik Henningsmoen, Todd Legere, Francis Okpaleke. *Unir les expertises numérique et écologique pour la double transition : cadre de compétences*. Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC). Juin 2024. Ottawa, Canada. Les auteurs sont classés par ordre alphabétique.

Recherche et rédaction effectuées par Allison Clark (analyste de la recherche et des politiques), Erik Henningsmoen (analyste principal de la recherche et des politiques), Todd Legere (économiste et analyste de la recherche), Francis Okpaleke (analyste principal de la recherche et des politiques), avec le soutien généreux de Jianshi (Will) Li (scientifique de données), Faun Rice (gestionnaire de la mobilisation du savoir et de la recherche), Mairead Matthews (gestionnaire de la politique numérique), et l'équipe Recherche et politiques du CTIC.

Conception graphique réalisée par Raymond Brand.

### **Avis de non-responsabilité :**

Les opinions et interprétations contenues dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du gouvernement du Canada.



# Remerciements

Nous sommes très reconnaissants des contributions apportées à ce rapport par nos informateurs clés, les participants aux tables rondes et les spécialistes interrogés. Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué à ce rapport, ainsi que les personnes suivantes :

**Aaron Kuchirka**, CPA, CGA, directeur général, Climate Smart Services Incorporated

**Antonio Gennarelli**, gestionnaire de projet en lien avec l'Union européenne, European Association of Institutes for Vocational Training (EVBB)

**British Columbia Centre for Women in the Trades**

**Florian Graichen**, directeur, Scion; professeur honoraire à la University of Waikato

**Gordon So**, gestionnaire de la durabilité et du développement, Relocalize

**Helen Knibb**, B.A., MMuseo, Ph. D., conseillère en programmes d'études

**Jonathan Arnold**, directeur par intérim, Croissance propre, L'Institut climatique du Canada

**Jordan Hicks**, vice-président, LCO Technologies

**Matt Mayer**, conseiller, Stratégie et conception, Energy Futures Lab

**Michael Dioha**, Ph. D., chercheur principal en matière d'énergie, Clean Air Task Force

**Mohammad Al-Azraq**, M.A. en études sur la durabilité, baccalauréat en ingénierie électrique, consultant en durabilité

**Nnaemeka Vincent Emodi**, PhD, Chargé de recherche, University of Queensland

**Pam Bryan**, Association canadienne pour les Nations Unies

**Rany Ibrahim**, directeur du développement économique et commercial, gouvernement de la Nouvelle-Écosse

**Sophie Nitoslawski**, Ph. D. en foresterie et technologie

**Taylor Stimpson**, gestionnaire de programme, Academy for Sustainable Innovation

**Ved Vrat Arya**, gestionnaire principal, Technologie, développeur en chef d'énergie renouvelable

**Will Taylor**, consultant principal en réduction du carbone, Gemserv Ltd.



# Table des matières

<b>Résumé</b>	<b>6</b>
<b>Introduction</b>	<b>8</b>
<b>SECTION I Le marché du travail numérique vert au Canada</b>	<b>12</b>
<i>Quelle est la prévalence des compétences et des postes liés à la technologie numérique dans l'ensemble de l'économie?</i>	12
<i>Quelle est la prévalence des compétences et des postes verts dans l'ensemble de l'économie?</i>	13
<i>Une intersection des marchés du travail : perspectives des talents numériques verts</i>	14
<b>SECTION II Cadres de compétences, bases de données sur les professions, taxonomies, typologies et ontologies de compétences</b>	<b>19</b>
<i>Cadres d'aptitudes et de compétences</i>	19
<i>Taxonomies des aptitudes et des compétences</i>	21
Technologie émergente : ontologies d'aptitudes	24
<i>Catégoriser les aptitudes et les postes pour l'économie numérique verte : mécanismes existants</i>	25
Taxonomie de Bohnenberger sur l'emploi durable	26
Typologie des compétences vertes pour les programmes des établissements d'enseignement supérieur technique et technologique	27
<i>Positionnement d'un cadre de compétences numériques vertes pour le Canada</i>	29
<b>SECTION III Cadre de compétences numériques vertes</b>	<b>31</b>
<i>Activité 1 : Conseil et analyse</i>	35
<i>Activité 2: Conception et construction</i>	41
<i>Activité 3: Production et fabrication</i>	49
<i>Activité 4: Gestion, réglementation et comptabilité</i>	56
<i>Activité 5: Transport et durabilité</i>	63
<i>Compétences numériques vertes transférables</i>	67
<b>Conclusion</b>	<b>77</b>
<b>Méthodes de recherche et limites</b>	<b>79</b>



# Résumé

L'économie canadienne d'aujourd'hui évolue rapidement et constamment. Selon l'ancien gouverneur de la Banque du Canada, Stephen Poloz, nous vivons une période de complexité accrue, d'interconnexion mondiale et d'incertitude. Cette réalité nous offre des possibilités uniques d'innovation, mais elle donne également lieu à des défis et pousse les Canadiens et l'économie à évoluer. Si l'abordabilité et le coût de la vie sont une source de préoccupation importante pour de nombreuses personnes, la menace du changement climatique et des risques qu'il fait peser sur la qualité de vie est également inquiétante. En ces temps incertains, le concept de « double transition », qui marie numérisation et durabilité, est de plus en plus considéré comme la clé d'un avenir prospère et sûr, tant sur le plan économique qu'environnemental.

Bien qu'une double transition réussie nécessite de prêter attention à de nombreux facteurs, une main-d'œuvre compétente est essentielle à son fondement même. Dans le présent rapport, les aptitudes et compétences nécessaires à la double transition sont désignées par les termes *numérique* et *vert*. Les économies numérique et verte du Canada sont en pleine croissance et, à bien des égards, elles sont déjà bien liées. Par exemple, l'industrie des technologies environnementales et propres est définie par Statistique Canada comme la production et la fourniture de biens et de services environnementaux. Ce secteur représente déjà près de 2 % de tous les emplois canadiens et devrait continuer à se développer. Si les travailleurs de cette industrie peuvent avoir besoin d'un ensemble de compétences numériques et écologiques, il arrive souvent que ces dernières s'acquièrent dans le cadre d'un emploi dans un autre domaine, comme les professionnels de la construction qui acquièrent des compétences liées à la rénovation durable et aux systèmes de gestion intelligente de l'énergie.

En raison de la nature intersectorielle de cette transition, un cadre de compétences numériques et vertes pour l'économie verte du Canada est nécessaire. Ce rapport propose un tel cadre, en structurant les connaissances et compétences essentielles autour de cinq domaines d'activité.

1. **Conseil et analyse** : collecte, évaluation, analyse, rapports et modélisation de renseignements et de services de données sur l'environnement. Dans le cadre de ces activités, les travailleurs compétents peuvent s'appuyer sur des technologies géospatiales, telles que les systèmes d'information géographique, pour recueillir et analyser des données environnementales.
2. **Conception et construction** : processus de conception et de construction durables liés à l'environnement bâti, tels que la modernisation d'un environnement bâti pour soutenir l'adaptation



au changement climatique et l'atténuation de ses effets. Ces activités reposent généralement sur l'utilisation de logiciels de modélisation et de simulation des données sur le bâtiment.

3. **Production et fabrication** : production durable de biens physiques tirant parti de l'automatisation, de la robotique et des technologies de fabrication additive (impression 3D).
4. **Gestion, réglementation et comptabilité** : activités guidant la réglementation d'une activité économique numérique verte, la gestion des ressources naturelles et la comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre. Dans le cadre de cette activité, les travailleurs peuvent tirer parti de systèmes de gestion de l'environnement ou utiliser des compteurs intelligents pour gérer les énergies renouvelables dans un réseau électrique virtuel.
5. **Transport et durabilité** : activités nécessaires pour garantir que les activités entourant le transport, la logistique et la chaîne d'approvisionnement sont durables sur le plan environnemental. De plus en plus, ces activités s'appuient sur des technologies de jumeau numérique, des technologies infonuagiques et les réseaux 5G.

Chaque activité est liée à des professions et à des secteurs communs, ainsi qu'à des études de cas explicatives. Le cadre de compétences numériques et vertes comprend également deux domaines de compétences polyvalentes essentielles à toute activité pouvant être considérée de manière générale comme faisant partie de l'économie numérique et verte. Il s'agit de la compréhension du changement climatique et de la durabilité environnementale, de l'analyse des données, de la gestion et de l'interprétation. Les compétences polyvalentes transcendent les professions et les secteurs d'activité. Selon l'endroit où des solutions numériques vertes sont adoptées, des compétences numériques vertes peuvent être nécessaires en technologie, en fabrication, dans les métiers spécialisés, l'administration publique, l'architecture et la conception, les entreprises, l'approvisionnement et de nombreux autres domaines.

Cette réalité implique un large éventail d'intervenants dans le développement de la main-d'œuvre numérique verte, y compris des formateurs, des employeurs, des organisations sectorielles et les gouvernements, qui doivent travailler ensemble pour élaborer et offrir des initiatives de formation opportunes et percutantes. Le Cadre de compétences numériques vertes du CTIC offre une approche normalisée et coordonnée des compétences numériques vertes qui peut être mise à profit par tous les intervenants pour constituer et soutenir la main-d'œuvre numérique verte du Canada.



# Introduction

De nombreux pays, dont le Canada, sont aux prises avec des défis socioéconomiques et écologiques complexes, notamment en ce qui concerne le changement climatique et le bien-être économique. Des décideurs de partout dans le monde ont désigné « l'échec de l'atténuation du changement climatique » comme le plus grand risque auquel l'humanité est confrontée, suivi de près par « l'échec de l'adaptation au changement climatique », « les catastrophes naturelles et les événements météorologiques extrêmes » et « la perte de biodiversité et l'effondrement des écosystèmes ».<sup>1</sup> En parallèle, d'éminents économistes canadiens expriment leurs inquiétudes quant aux défis liés à l'économie et à la main-d'œuvre tels que la baisse de la productivité intérieure ou de la production économique du Canada par travailleur.<sup>2</sup> Comme le souligne un article récent du *Globe and Mail*, « 2023 a marqué le troisième déclin annuel consécutif [de la productivité] pour la première fois depuis au moins 40 ans ».<sup>3</sup> Cette situation s'accompagne d'un déclin général de la compétitivité canadienne, causée par une perte de confiance des investisseurs, dont une diminution des investissements dans les titres canadiens et de la vente d'actions canadiennes par les investisseurs étrangers.<sup>4</sup>

La convergence du changement climatique et du sous-rendement économique pourrait se traduire par une baisse de la qualité de vie des Canadiens. En fait, une étude récente de la Financière Banque Nationale du Canada (FBN) montre que, tout comme la productivité au travail, le PIB réel par habitant au Canada est à la traîne par rapport aux États-Unis; en 2023, le pouvoir d'achat du PIB par habitant au Canada s'est chiffré à 76 % de celui des États-Unis.<sup>5</sup> Un récent sondage réalisé par Léger a également révélé que 72 % des Canadiens interrogés sont fortement préoccupés par la hausse des coûts et de l'inflation, 62 % sont préoccupés par le manque de soins de santé adéquats, et 49 % sont préoccupés par le fait de trouver un logement abordable.<sup>6</sup>

En outre, malgré les objectifs climatiques intergouvernementaux, tels que l'Accord de Paris,<sup>7</sup> les émissions annuelles mondiales de gaz à effet de serre continuent d'augmenter, déclenchant des effets en cascade sur les plans biophysique et écologique<sup>8</sup>. En 2023, le Canada a continué à ressentir les effets du changement

<sup>1</sup> « The Global Risks Report 2023 », Forum économique mondial, 2023, [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2023.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf).

<sup>2</sup> Voir : Trevor Tombe, « As productivity plunges, Ontario and Alabama now have the same per capita GDP », The Hub, 15 juin 2023, <https://thehub.ca/2023-06-15/trevor-tombe-most-provincial-economies-struggle-to-match-the-u-s/>; Douglas Porter, « Canada's Perennial Productivity Puzzle », BMO Economics, 3 novembre 2023, <https://economics.bmo.com/en/publications/detail/ac91d4fe-be13-4b37-874c-33713b6cc2f5/>; Daniel Johnson, « Is lagging productivity more economically dangerous than inflation? », BNN Bloomberg, 29 juin 2023, <https://www.bnnbloomberg.ca/is-lagging-productivity-more-economically-dangerous-than-inflation-1.1939595>.

<sup>3</sup> « More economists are getting deeply worried about Canada's future - and investors are taking notice », The Globe and Mail, 11 mars 2024, <https://www.theglobeandmail.com/investing/investment-ideas/article-more-economists-are-getting-deeply-worried-about-canadas-future-and/?login=true>.

<sup>4</sup> Ibid.

<sup>5</sup> Stéfane Marion, « Attract private investment: Canada's only way out », Banque Nationale du Canada, Marchés financiers, 11 mars 2024, [https://www.nbc.ca/content/dam/bnc/taux-analyses/analyse-eco/etude-speciale/special-report\\_240311.pdf](https://www.nbc.ca/content/dam/bnc/taux-analyses/analyse-eco/etude-speciale/special-report_240311.pdf).

<sup>6</sup> « Is Canada Broken? », Léger, 7 mars 2024, <https://leger360.com/surveys/is-canada-broken-2/>.

<sup>7</sup> Nations Unies, « L'Accord de Paris », Nations Unies sur le changement climatique, consulté le 18 mars 2024, <https://unfccc.int/fr/a-propos-des-ndcs/l-accord-de-paris>.

<sup>8</sup> Rebecca Lindsey, « Climate change : atmospheric carbon dioxide », Climate.gov, mai 2023, <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>; « Broken record: Atmospheric carbon dioxide levels jump again », Climate.gov, juin 2023, <https://www.climate.gov/news-features/feed/broken-record-atmospheric-carbon-dioxide-levels-jump-again>.



climatique; des vagues de chaleur record, des incendies de forêt, des sécheresses, des pluies torrentielles et des inondations extrêmes ont touché de nombreuses personnes, notamment en les forçant à se déplacer.<sup>9</sup> Le changement climatique entraîne également des répercussions sur la santé humaine, notamment la baisse de la qualité de l'air, l'augmentation des cas de maladie de Lyme et d'autres maladies infectieuses transmises par les insectes comme que le paludisme,<sup>10</sup> et l'augmentation des cas de coup de chaleur.<sup>11</sup>

S'il n'est pas pris en compte, le changement climatique ne fera que perpétuer les défis économiques. Comme le soutient un récent rapport de l'Institut canadien du climat, « le réchauffement et la déstabilisation du climat viennent accélérer la dépréciation des infrastructures, détruire des biens et entraîner des maladies et pertes de vies évitables, ce qui n'est pas sans mettre un frein à la croissance économique du pays et à la prospérité de sa population ».<sup>12</sup> Le rapport, qui comprenait une analyse de l'impact économique du changement climatique au Canada, a révélé que d'ici 2025, les dommages liés au climat ralentiront la croissance économique du Canada de 25 milliards de dollars annuellement.<sup>13</sup>

Bien que les analyses économiques et climatiques soient préoccupantes, il y a également place à l'espoir. L'Institut climatique du Canada constate que les investissements dans l'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets, comme l'argent injecté dans les écotechnologies, pourraient réduire les impacts économiques du changement climatique jusqu'à 75 %, tout en ayant des effets positifs sur la qualité de vie.<sup>14</sup> En outre, les recherches existantes mettent en évidence le lien entre l'adoption de technologies et la durabilité environnementale et économique. Par exemple, McKinsey & Company note que les technologies de l'industrie 4.0 peuvent donner lieu à des « améliorations mesurables dans les indicateurs de rendement clés, tels que la productivité, le coût, l'agilité, la qualité et la commodité », tout en conduisant simultanément à des « éco-efficacités ».<sup>15</sup> Des recherches précédentes du CTIC montrent également une relation positive entre les efforts de durabilité environnementale et la rentabilité : en réduisant la consommation de ressources, telles que l'énergie et l'eau, les entreprises réalisent des économies financières.<sup>16</sup>

<sup>9</sup> Shuang-Ye Wu, « 2023's extreme storms, heat and wildfires broke records - a scientist explains how global warming fuels climate disasters », *The Conversation*, décembre 2023, <https://theconversation.com/2023s-extreme-storms-heat-and-wildfires-broke-records-a-scientist-explains-how-global-warming-fuels-climate-disasters-217500> ; Nicole Lulham et coll., « Canada in a Changing Climate : Synthesis Report », *Ressources naturelles Canada*, 7 décembre 2023, <https://doi.org/10.4095/332326>.

<sup>10</sup> Nooshin Mojahed, Mohammad Ali Mohammadkhani et Ashraf Mohamadkhani, « Climate Crises and Developing Vector-Borne Diseases : A Narrative Review », *Iranian Journal of Public Health* vol. 51, no 12 (décembre 2022) : 2664-2673, <https://doi.org/10.18502/ijph.v51i12.11457>.

<sup>11</sup> « Les coûts des changements climatiques pour la santé : comment le Canada peut s'adapter, se préparer et sauver des vies », Institut canadien pour des choix climatiques, juin 2021 [https://institutclimatique.ca/wp-content/uploads/2021/06/ChoixClimat\\_Cou%CC%82ts-Sante%CC%81\\_Juin2021.pdf](https://institutclimatique.ca/wp-content/uploads/2021/06/ChoixClimat_Cou%CC%82ts-Sante%CC%81_Juin2021.pdf).

<sup>12</sup> « Réduire les coûts des impacts climatiques pour le Canada », Institut climatique du Canada, septembre 2022, [https://institutclimatique.ca/wp-content/uploads/2022/09/Limiter-les-degats\\_FR\\_0927.pdf](https://institutclimatique.ca/wp-content/uploads/2022/09/Limiter-les-degats_FR_0927.pdf).

<sup>13</sup> « L'économie canadienne déjà mise à mal par les changements climatiques : les ménages sont les principales victimes », Institut climatique du Canada, 28 septembre 2022, <https://institutclimatique.ca/news/leconomie-canadienne-deja-mise-a-mal-par-les-changements-climatiques/>.

<sup>14</sup> Ibid.

<sup>15</sup> Francisco Betti, Enno de Boer et Yves Giraud, « Lighthouses unlock sustainability through 4IR technologies », McKinsey & Company, 27 septembre 2021, <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/lighthouses-unlock-sustainability-through-4ir-technologies>.

<sup>16</sup> Allison Clark et Mairead Matthews, « Durabilité du secteur agroalimentaire canadien : des talents qualifiés sont indispensables pour répondre à la demande alimentaire et réduire les incidences sur l'environnement », Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC), avril 2023, <https://ictc-ctic.ca/fr/rapports/durabilite-du-secteur-agroalimentaire-canadien>.



Le concept de l'union des progrès technologiques et de la durabilité environnementale est communément appelé **double transition**.<sup>17</sup> La double transition s'appuie sur la numérisation et l'innovation pour favoriser la durabilité dans l'ensemble de l'économie. Elle s'appuie également sur une expertise en matière de durabilité environnementale et de gestion des ressources naturelles pour s'assurer que les effets rebond de l'innovation et de l'adoption des technologies sont rares, voire inexistants.<sup>18</sup>

Le **numérique vert** est un concept similaire à celui de la double transition. Contrairement à la portée plus étroite des TI vertes, qui met l'accent sur la réduction de l'empreinte écologique et carbone des technologies de l'information (TI) et des ressources informatiques,<sup>19</sup> le numérique vert s'étend au-delà de l'efficacité des TI pour englober des outils numériques afin de promouvoir la durabilité environnementale. Un compteur intelligent, par exemple, pourrait à la fois disposer d'une source d'énergie renouvelable et contribuer à des économies d'énergie supplémentaires pour d'autres activités et appareils, favorisant ainsi la durabilité environnementale dans les TI et plus encore. En conséquence, le numérique vert implique une approche globale qui allie des technologies numériques à des solutions environnementales pour faire progresser la décarbonisation et la durabilité environnementale au sens large.

La convergence des technologies numériques et des solutions environnementales fait émerger de nouvelles **compétences numériques vertes**. Cette expertise est de plus en plus importante dans différentes professions partout au Canada. Des activités telles que la comptabilisation des gaz à effet de serre, le conseil en environnement, l'adoption de TI vertes, l'ingénierie logicielle durable, la modernisation de l'environnement bâti, la production et la gestion d'énergies propres et renouvelables, la conception durable et les transports propres reposent tous sur une combinaison de compétences numériques et de compétences écologiques. Selon une analyse de RBC, au cours des dix prochaines années, la transition du Canada vers une économie carboneutre touchera 3,1 millions d'emplois, soit 15 % de la main-d'œuvre totale du pays.<sup>20</sup> Dans certains secteurs, RBC prévoit que jusqu'à 46 % des nouveaux emplois nécessiteront une « expertise bonifiée » composée de connaissances et de compétences en matière de durabilité environnementale.<sup>21</sup>

<sup>17</sup> Alexia Gonzalez Fanfalone et Céline Caira, The twin transitions: are digital technologies the key to a clean energy future? », Observatoire des politiques de l'OCDE.AI, 9 novembre 2022, <https://oecd.ai/en/work/twin-transitions>.

<sup>18</sup> Charlotte Freitag, et coll., « The real climate and transformative impact of ICT : A critique of estimates, trends, and regulations », Patterns, 2, n° 9 (2021) : <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>; David Font Vivanco, René Kemp et Ester Van der Voet, « How to deal with the rebound effect? A policy-oriented approach », Energy Policy, 84, (2016) : 114-125, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.054>; « Aligner les politiques pour une économie à faible intensité de carbone », 2015, OCDE, <https://www.oecd.org/environment/Aligning-Policies-for-a-Low-carbon-Economy.pdf>.

<sup>19</sup> Kaitlyn Carr, Allison Clark et Mairead Matthews, « Building a Sustainable ICT Ecosystem : Strategies and Best Practices for Reducing Environmental Harms in a Digital World », Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC), janvier 2024, <https://ictc-ctic.ca/reports/building-a-sustainable-ict-ecosystem>.

<sup>20</sup> « La révolution des compétences dont le Canada a besoin pour atteindre le carboneutralité », RBC Marchés financiers, 18 février 2022, [https://www.rbccm.com/en/insights/story.page?dcr=templatedata/article/insights/data/2022/02/green\\_collar\\_jobs\\_the\\_skills\\_revolution\\_canada\\_needs\\_to\\_reach\\_net\\_zero](https://www.rbccm.com/en/insights/story.page?dcr=templatedata/article/insights/data/2022/02/green_collar_jobs_the_skills_revolution_canada_needs_to_reach_net_zero).

<sup>21</sup> Ibid.



Reconnaissant l'importance de l'expertise numérique verte pour atténuer le changement climatique tout en atteignant la prospérité socioéconomique, le présent document propose un cadre de compétences numériques vertes. Ce cadre s'appuie sur deux objectifs : 1) soutenir les chercheurs d'emploi dans leur prise de décisions en matière de formation et d'emploi entourant la double transition, et 2) contribuer à l'élaboration de stratégies plus larges de développement de la main-d'œuvre afin de garantir une double transition robuste et inclusive au Canada.

Cette recherche se concentre sur les compétences numériques vertes recherchées au Canada. Tout d'abord, elle étudie les possibilités d'emploi et les besoins en matière de compétences à l'intersection des économies numériques vertes et cartographie les composantes centrales de l'économie numérique verte. Ensuite, elle présente de façon claire l'évolution du marché du travail, y compris les mutations du marché du travail et les compétences polyvalentes à la lumière des compétences numériques vertes qui sont de plus en plus nécessaires dans tous les secteurs. Elle conclut en mettant en évidence les postes émergents et futurs qui se spécialiseront dans les activités numériques vertes. Fait important, cette analyse précise que la double transition aura un impact sur l'ensemble de l'économie, ce qui obligera les travailleurs de toutes les professions à se perfectionner. Comme l'ont souligné les participants à la recherche, notamment les employeurs et les spécialistes, les compétences numériques vertes sont déjà ajoutées aux emplois existants.

Pour façonner cette analyse, le CTIC a mené une enquête auprès d'employeurs (n=301), des entretiens auprès d'informateurs clés avec des employeurs et des spécialistes (n=25), et a réalisé une analyse documentaire, y compris un examen approfondi des compétences et des cadres de compétences existants pour les économies numériques vertes.<sup>22</sup>

**La section I** donne un aperçu du marché du travail numérique vert au Canada. Elle présente en détail les demandes d'emploi pour l'économie numérique, l'économie verte et la nouvelle économie numérique verte.

**La section II** présente l'objectif des cadres de compétences, ainsi qu'un aperçu illustratif des systèmes de classification existants pour les professions et compétences numériques vertes. Elle termine en soulignant la contribution de ce document aux efforts en cours pour comprendre le développement des compétences numériques vertes dans le monde.

Enfin, **la section III** s'appuie sur des recherches primaires et secondaires pour définir un cadre de compétences articulé autour de cinq activités clés : conseil et analyse; conception et construction; production et fabrication; gestion, réglementation et comptabilité; transport et durabilité. Le chapitre se termine par une discussion sur les compétences polyvalentes qui s'appliquent à toutes les activités.

<sup>22</sup> Voir l'annexe A pour plus de détails sur les méthodes de recherche.

# Le marché du travail numérique vert au Canada

Une main-d'œuvre dotée de compétences numériques vertes est nécessaire à la mise en place de la double transition. Ces talents sont essentiels pour favoriser la durabilité environnementale et la prospérité économique grâce aux technologies numériques. Tenant compte de ces éléments, cette section décrit l'état actuel du marché du travail numérique vert au Canada et présente les lacunes du marché du travail.

## QUELLE EST LA PRÉVALENCE DES COMPÉTENCES ET DES POSTES LIÉS À LA TECHNOLOGIE NUMÉRIQUE DANS L'ENSEMBLE DE L'ÉCONOMIE?

Le CTIC mesure l'empreinte de **l'économie numérique** sur le marché du travail en examinant tous les emplois dans des postes liés à la technologie, ainsi que tous les emplois dans le secteur de la technologie. Statistique Canada définit le secteur des technologies de l'information et des communications (TIC) comme le regroupement d'industries dont l'objectif principal consiste à produire des biens ou des services ou à fournir des technologies pour traiter, transmettre ou recevoir de l'information. À la fin de 2023, plus de 1,18 million de personnes étaient employées dans le secteur canadien des TIC.<sup>23</sup>

L'économie numérique comprend des postes dans le « secteur de la technologie », mais reconnaît également l'existence de postes liés à la technologie dans différents secteurs. Par exemple, tant la personne responsable des ressources humaines dans une entreprise de développement de logiciels que le développeur de logiciels dans un cabinet de ressources humaines appartiennent à l'économie numérique. À la fin de 2023, plus de 2,6 millions de Canadiens étaient employés dans l'économie numérique.<sup>24</sup>

De plus en plus, même les entreprises qui ne comptent aucun lien ou activité d'importance entourant la technologie ont besoin de travailleurs ayant certaines compétences numériques. Par exemple, les applications de technologie financière pour le paiement et la comptabilité sont utilisées par des entreprises dans tous les secteurs, et les solutions de commerce électronique sont désormais au cœur de l'expérience du consommateur moyen.

<sup>23</sup> « Économie numérique du Canada », eTalent, Conseil des technologies des informations et des communications, novembre 2023, <https://etalentcanada.ca/fr/pour-les-chercheuses-et-chercheurs-demploi/donnees-sur-lemploi-au-canada>.

<sup>24</sup> Ibid.

## QUELLE EST LA PRÉVALENCE DES COMPÉTENCES ET DES POSTES VERTS DANS L'ENSEMBLE DE L'ÉCONOMIE?

Il existe plusieurs définitions de **l'économie verte**. Selon la plupart d'entre elles, le travail effectué au sein de l'économie verte doit s'articuler autour d'objectifs tels que l'amélioration du bien-être humain et de l'équité sociale, la réduction de risques environnementaux, la gestion de pénuries écologiques et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Au cœur de la définition de l'économie verte se trouve le concept fondamental de durabilité, qui consiste à répondre aux besoins des générations actuelles sans compromettre ceux des générations futures.<sup>25</sup>

**Les emplois verts** sont conformes aux principes de l'économie verte, de la croissance verte, du développement durable et de l'économie circulaire. Cette définition évolue au-delà des tâches uniquement axées sur la protection de l'environnement et comprend des activités plus larges soutenant la transition vers un avenir durable et carboneutre. Selon ECO Canada, les emplois verts peuvent être classés en deux catégories.<sup>26</sup> La première catégorie est celle des « travailleurs environnementaux de base » qui, quel que soit leur secteur d'activité, soutiennent la protection de l'environnement, la gestion des ressources et la durabilité grâce à leurs compétences en matière d'environnement. La seconde est celle des travailleurs des biens et services environnementaux qui, quelle que soit leur profession, travaillent pour des entreprises de biens et services environnementaux, telles que les entreprises de technologie propre.<sup>27</sup> ECO Canada note la présence travailleurs environnementaux dans toutes les régions et industries du Canada, ainsi que dans presque tous les types de profession. Toujours selon ECO Canada, en 2020 au Canada, 689 000 travailleurs occupaient des emplois verts.<sup>28</sup>

Une étude définissant l'emploi vert dans le contexte européen a révélé que si la transition de l'UE vers une économie verte s'accompagne de perturbations draconiennes du marché du travail, comme des déplacements à grande échelle, les secteurs verts et à faible émission de carbone connaîtront un gain net d'emplois à long terme.<sup>29</sup> Un rapport récent du CTIC, intitulé *L'énergie propre et les voies vers la carboneutralité : emplois et compétences pour les futures dirigeantes/futurs dirigeants*, soutient lui aussi qu'il y aura un gain net d'emplois pendant la transition vers une économie carboneutre.<sup>30</sup> Cette conclusion est corroborée par une étude réalisée en 2021 par Clean Energy Canada et Navius Research, qui prévoit que d'ici 2030, une baisse de 9 % des emplois dans l'industrie des combustibles fossiles sera compensée par une croissance de 48 % des emplois dans le secteur de l'énergie propre.<sup>31</sup>

<sup>25</sup> Commission des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, « Notre avenir à tous (rapport Brundtland) », Nations Unies, octobre 1987, <https://www.are.admin.ch/are/fr/home/media-et-publications/publications/developpement-durable/brundtland-report.html>

<sup>26</sup> Eco Canada, « De la récession à la reprise : besoins, tendances et défis concernant la main-d'œuvre en environnement », septembre 2020, <https://eco.ca/new-reports/perspectives-de-la-demande-de-main-doeuvre-2020/>.

<sup>27</sup> Ibid.

<sup>28</sup> Eco Canada, « Mise à jour : perspectives du marché du travail en environnement à l'horizon 2025 », mars 2021, <https://eco.ca/new-reports/mise-a-jour-perspectives-du-marche-du-travail-en-environnement-a-lhorizon-2025/>.

<sup>29</sup> Marco Torregrossa, « Employment potential of the green economy », dans Béla Galgóczi (éd.) Greening Industries and Creating Jobs, Bruxelles : Institut syndical européen (2012) : 137-162, <https://www.etui.org/publications/books/greening-industries-and-creating-jobs>.

<sup>30</sup> Allison Clark et Mairead Matthews, « L'énergie propre et les voies vers la carboneutralité : emplois et compétences pour les futures dirigeantes/futurs dirigeants », CTIC, avril 2023, <https://ictc-ctic.ca/fr/rapports/energie-propre-et-les-voies-vers-la-carboneutralite>.

<sup>31</sup> Clean Energy Canada, « The New Reality », Morris J. Wosk Centre for Dialogue, Simon Fraser University, juin 2021, disponible à l'adresse : <https://digital.library.yorku.ca/node/30013>.



Bien que l'on s'attende à une croissance du marché du travail dans l'économie verte, le domaine est confronté à une pénurie de talents. Le récent Global Green Skills Report de LinkedIn a révélé que les emplois verts sur sa plateforme augmentent en moyenne de 8 % par an, tandis que l'offre de talents pour occuper ces emplois croît de 6 % par an.<sup>32</sup> Ces statistiques suggèrent que l'économie verte pourrait être confrontée à un déficit de talents toujours plus grave d'année en année. Il est intéressant de noter que la même recherche de LinkedIn classait le Canada comme ayant la quatrième intensité de compétences vertes parmi sa main-d'œuvre en 2022, surpassé seulement par l'Australie, le Royaume-Uni et les États-Unis.<sup>33</sup>

## UNE INTERSECTION DES MARCHÉS DU TRAVAIL : PERSPECTIVES DES TALENTS NUMÉRIQUES VERTS

Certaines activités, professions et même industries de l'économie actuelle se situent au carrefour de la technologie numérique et de la durabilité. Par exemple, **l'industrie des technologies propres et environnementales (TPE)**, définie par Statistique Canada comme la production et l'offre de biens et de services liés à l'environnement et aux technologies propres, est en plein essor. Ensemble, ces sous-secteurs comptaient 322 972 travailleurs au Canada en 2020, soit près de 2 % de tous les emplois canadiens.<sup>34</sup> en plus de bénéficier de salaires plus élevés que la moyenne : le salaire moyen dans le secteur des TPE se chiffrait à 80 834 \$ en 2020, tandis que la moyenne annuelle pour l'ensemble du Canada atteignait 68 678 \$ cette même année. Statistique Canada a également constaté que les hommes occupaient 64 % des emplois du secteur des TPE et touchaient des salaires moyens plus élevés dans ce secteur (86 413 \$ contre 71 099 \$ pour les femmes).<sup>35</sup>

La figure 1 illustre certains des principales professions dans le secteur de l'environnement et des technologies propres. Un grand nombre de ces professions relèvent des métiers, des transports, des affaires, de la finance et des sciences.

<sup>32</sup> Graphique économique LinkedIn, « Global Green Skills Report », 2022, <https://economicgraph.linkedin.com/research/global-green-skills-report>.

<sup>33</sup> Ibid.; LinkedIn calcule l'indicateur des compétences vertes sur la base du nombre moyen de compétences vertes détenues par les travailleurs de l'industrie, ce qui signifie que les travailleurs n'ayant aucune compétence verte sont mis en moyenne avec les travailleurs comptant plus d'une douzaine de compétences vertes.

<sup>34</sup> Statistique Canada, « Emplois liés à l'environnement et aux technologies propres au Canada », StatsCAN Plus, 30 août 2022, <https://www.statcan.gc.ca/o1/fr/plus/1683-emplois-lies-lenvironnement-et-aux-technologies-propres-au-canada..>

<sup>35</sup> "Environmental and Clean Technology Products Economic Account: Human Resource Module, 2020," The Daily, Statistics Canada, April 28, 2022, <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/220428/dq220428f-eng.htm>.



## Principaux emplois dans l'industrie de l'environnement et des technologies propres au Canada

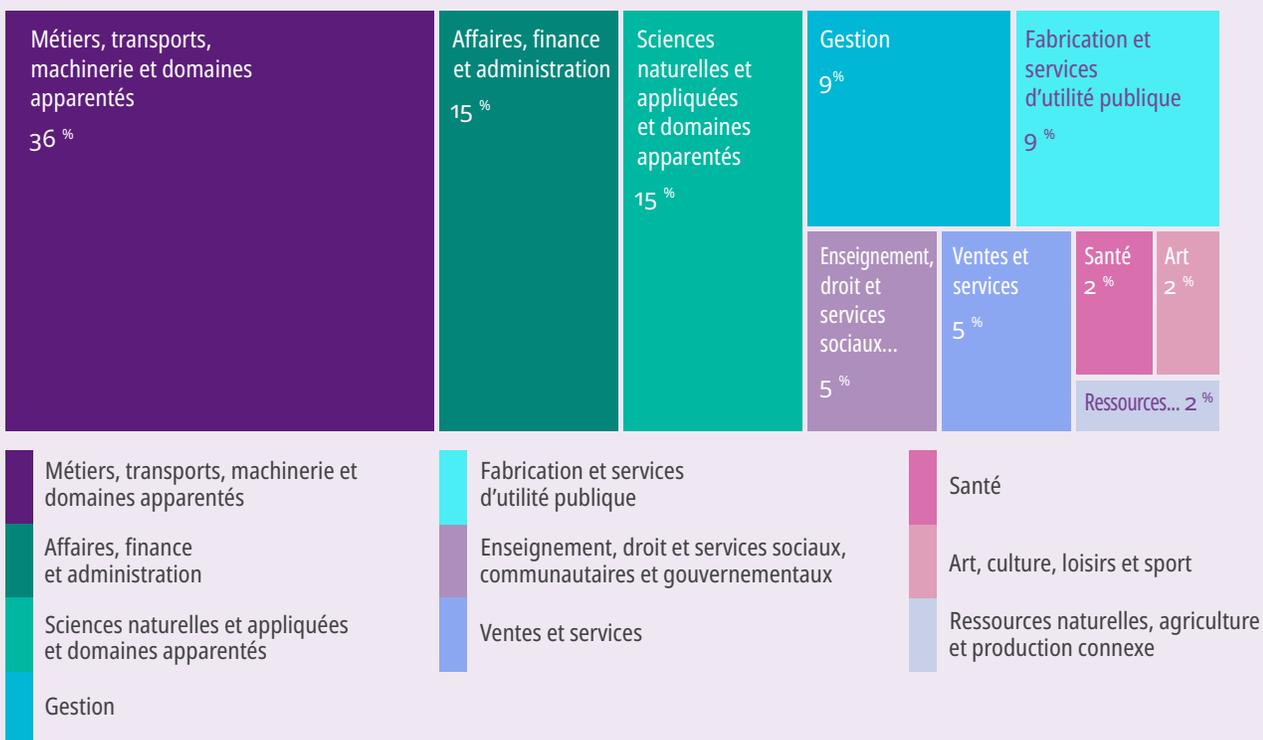


Figure 1 : Principales professions dans le secteur canadien de l'environnement et des technologies propres. Source des données : Statistique Canada. Tableau 36-10-0694-01, Les emplois par profession dans le secteur des produits environnementaux et de technologies propres par caractéristique démographique. Les données de 2019 sont utilisées ici pour une meilleure qualité des données.

Afin d'étudier plus en détail les types de postes recherchés dans le marché du marketing numérique, le CTIC a mené une enquête auprès de plus de 300 employeurs canadiens. Pour déterminer leur admissibilité à l'enquête, les employeurs ont été invités à s'autosélectionner en choisissant l'une des options suivantes :

**« Mon organisation fait partie de l'économie numérique, ce qui signifie que la technologie numérique est au cœur de notre mode de fonctionnement et/ou de nos produits et services. La technologie numérique comprend notamment les programmes logiciels, les données, l'intelligence artificielle, le matériel TIC et les équipements liés à l'IdO.**



**« Mon organisation fait partie de l'économie verte, ce qui signifie que les solutions environnementales sont au cœur de notre mode de fonctionnement et/ou de nos produits et services. Les solutions environnementales comprennent notamment l'énergie propre, les crédits carbone, le captage et le stockage du carbone, l'économie circulaire, les solutions fondées sur la nature et les véhicules électriques.**

**« Mon organisation fait partie à la fois de l'économie numérique et de l'économie verte.<sup>36</sup>**

La figure 2 présente les postes recherchés pour chacun de ces trois groupes autosélectionnés. Les employeurs du secteur numérique vert cherchent à recruter une grande variété de travailleurs qualifiés. Certaines des professions recherchées requièrent des compétences technologiques spécialisées, et d'autres, d'excellentes compétences environnementales. Cela dit, les deux types de compétences sont probablement nécessaires dans de nombreux postes que compte une organisation numérique verte. Par exemple, un poste administratif ou opérationnel peut nécessiter une connaissance des pratiques durables en matière de TIC ou une analyse des données environnementales pour les rapports environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG). Par conséquent, bien que les compétences traditionnelles d'un travailleur occupant un poste lié à l'administration ou aux ventes sont toujours pertinentes, ces professionnels peuvent également avoir besoin d'ensembles de compétences superposées spécifiques à l'économie numérique verte. Un employeur de l'économie numérique verte participant à cette étude a décrit son plan d'embauche pour son service des ventes de la manière suivante :

**« Nous allons avoir besoin de vendeurs plus compétents sur le plan numérique... en sensibilisant les gens à ce que nous faisons et pourquoi nous le faisons afin que nos clients en prennent conscience. Il ne s'agit pas d'un poste traditionnel en ventes. Nous devons être beaucoup plus convaincants, beaucoup plus techniques, et nous devons être capables de maintenir une même ligne directrice, depuis la salle du conseil d'administration jusqu'à l'opérateur.**

— Gestionnaire du développement durable dans une entreprise de technologie

<sup>36</sup> Des informations complémentaires sur l'enquête auprès des employeurs sont présentées dans l'annexe A.



## Postes que les employeurs prévoient pourvoir

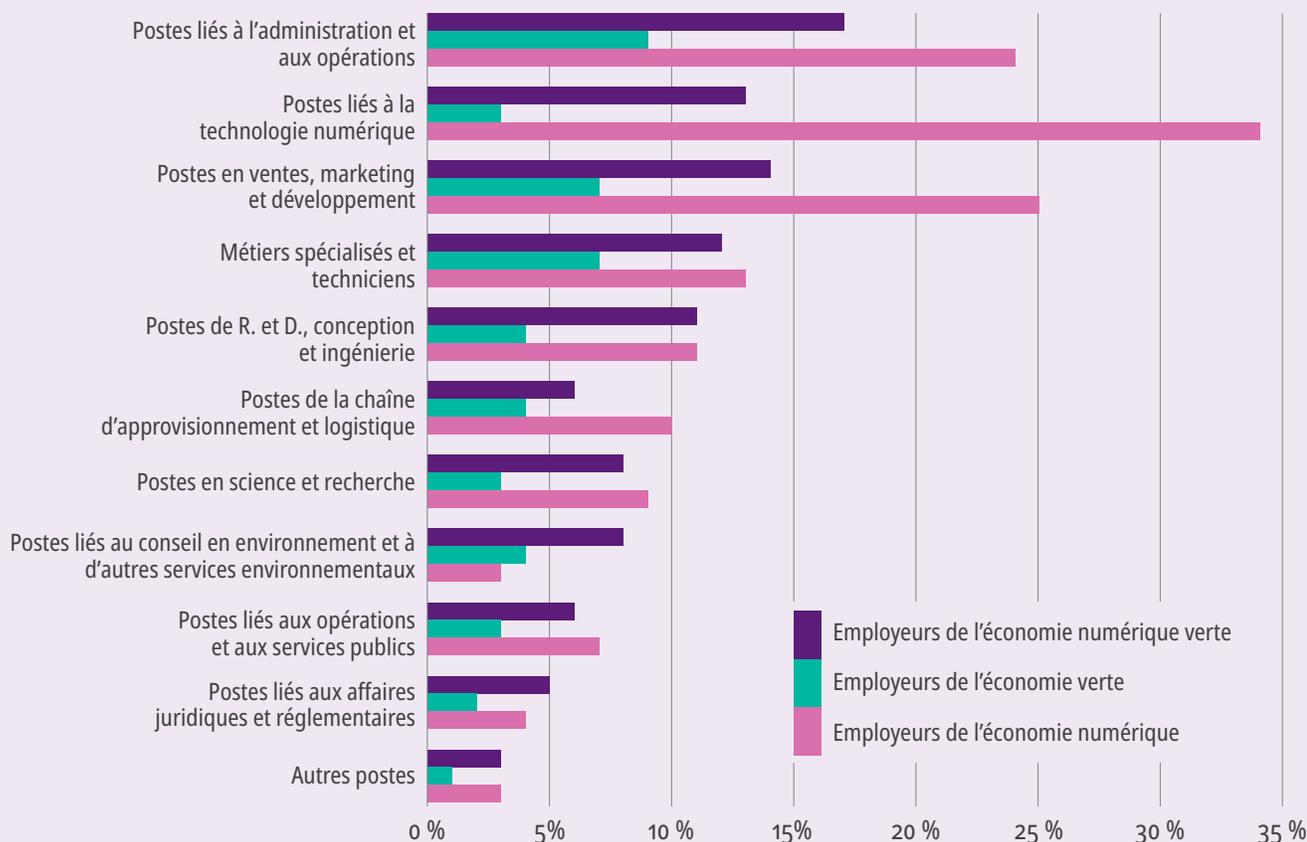


Figure 2 : Plans d'embauche, enquête du CTIC sur les employeurs numériques, n = 301.

La demande des employeurs en matière de compétences pluridisciplinaires signifie également que bon nombre de leurs postes sont difficiles à pourvoir. Les employeurs de l'économie numérique verte ont fait part de leurs difficultés à trouver des travailleurs possédant d'excellentes connaissances dans leur domaine ainsi qu'une littératie numérique et une compréhension de la durabilité environnementale. Par exemple, une personne interrogée dont le travail est axé sur la modernisation de l'environnement bâti a indiqué qu'il était difficile de trouver des travailleurs de la construction ayant des connaissances spécifiques en matière de modernisation visant la durabilité environnementale. Cet employeur a déclaré : « Il y a une pénurie importante de compétences spécialisées pour décarboniser le parc immobilier. ».

Même en dehors des professions et des industries clairement numériques vertes, nombre d'entreprises et de travailleurs ont de plus en plus besoin d'un certain niveau de compétence touchant autant à la technologie numérique qu'à la durabilité, et l'adoption du numérique et le suivi de la durabilité sont à l'origine de certains de ces changements. En 2022, une enquête nationale sur l'adoption des technologies de pointe a révélé que 62,1 % des entreprises canadiennes avaient adopté au moins une technologie de pointe. Les domaines de l'enquête comprenaient les technologies de pointe de conception et de contrôle d'information, les technologies



propres, les technologies de pointe d'informatique décisionnelle, les technologies de la chaîne d'approvisionnement, de l'IdO, de l'IA, la robotique et d'autres.<sup>37</sup> Les technologies propres arrivaient en deuxième position des domaines les plus souvent adoptés par 33,4 % des entreprises.<sup>38</sup>

Cependant, les technologies de pointe ne sont pas les seules à avoir des répercussions sur le développement durable; même des outils relativement simples, comme les solutions de commerce électronique « prêtes à l'emploi », sont aujourd'hui conçus dans une optique de développement durable. Outre le suivi des ventes, ces solutions peuvent aider les entreprises à mieux comprendre et gérer leur empreinte carbone. De pair avec la numérisation et l'adoption du numérique, de plus en plus d'entreprises chercheront et mettront en œuvre des solutions qui les aideront à maintenir leur empreinte carbone à un faible niveau et à gérer leurs ressources de manière durable.

<sup>37</sup> Statistique Canada, « Enquête sur les technologies de pointe, 2022 », Le Quotidien, 28 juillet 2023, <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/230728/dq230728b-fra.htm>.

<sup>38</sup> Ibid.



# Cadres de compétences, bases de données sur les professions, taxonomies, typologies et ontologies de compétences

Pourquoi catégoriser les compétences et les emplois? L'information sur le marché du travail (IMT) est un élément essentiel de nombreux processus publics, qu'il s'agisse d'estimer le nombre de places qu'une juridiction doit prévoir dans ses programmes en médecine ou de simplifier les processus d'immigration pour s'assurer que les professionnels formés à l'étranger puissent savoir où leur expérience et leurs compétences sont les plus recherchées. En règle générale, l'IMT globale nécessite une ventilation structurée des professions, des exigences en matière de formation et des ensembles de compétences. Des compétences et des définitions normalisées peuvent permettre aux gouvernements de comparer leur situation à l'échelle internationale. Par exemple, une définition internationalement reconnue de la numératie ou des compétences mathématiques de base peut aider les pays à cibler les domaines dans lesquels des mises à jour des programmes scolaires primaires sont nécessaires. Cependant, certains postes et compétences évoluent rapidement, notamment dans le secteur de la technologie.

Il est déjà difficile de créer des cadres normalisés de compétences et de professions dans tous les secteurs d'activité et dans tous les pays. Ainsi, l'ajout de nouvelles technologies ne facilite pas la structuration efficace de l'IMT. La section II de ce rapport présente donc différents outils couramment employés pour classer les compétences et les professions avant de se pencher sur des exemples d'outils existants pour l'intersection des domaines numérique et vert. Elle souligne ensuite les lacunes existantes dans ces cadres et présente les étapes importantes à franchir pour l'IMT canadienne.

## CADRES D'APTITUDES ET DE COMPÉTENCES

Nous avons tous des aptitudes et des compétences, et ces deux termes sont presque synonymes. De nombreuses organisations considèrent les « aptitudes » comme des conditions préalables spécifiques à des « compétences » plus globales, qui pourraient comprendre « les connaissances, aptitudes, attitudes et valeurs ». <sup>39</sup> Une étude publiée en 2020 par le Forum des politiques publiques définit les cadres

<sup>39</sup> OCDE, « OECD Learning Compass 2030 frequently asked questions », consulté le 10 mars 2024, <https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/faq/>.

de compétences comme « un outil servant à acquérir, à classier et à reconnaître les aptitudes, les compétences, les connaissances et les aptitudes ». <sup>40</sup> Ces cadres de compétences peuvent être élaborés par des professionnels des ressources humaines au sein d'une entreprise ou d'une organisation individuelle, <sup>41</sup> mais ils peuvent également être développés pour des industries spécifiques ou des économies entières.

Le programme Compétences pour réussir du gouvernement canadien propose un cadre de neuf compétences fondamentales dont tous les travailleurs canadiens ont besoin « pour participer, s'adapter et s'épanouir dans l'apprentissage, le travail et la vie ». <sup>42</sup> Le cadre des compétences pour la réussite a été reproduit à titre d'exemple dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Cadre de compétences du gouvernement du Canada pour les compétences pour la réussite

Compétence	Définition
Lecture	« La lecture est votre capacité à trouver, à comprendre et à utiliser les renseignements présentés sous forme de mots, de symboles et d'images. »
Rédaction	« La rédaction est votre capacité à partager des renseignements à l'aide de mots écrits, de symboles et d'images. »
Calcul	« Le calcul est votre capacité à trouver, à comprendre et à transmettre des renseignements mathématiques présentés sous forme de mots, de chiffres, de symboles et de graphiques. »
Compétences numériques	« Les compétences numériques identifient votre capacité à utiliser la technologie et les outils numériques pour trouver, gérer, appliquer, créer et partager des renseignements et du contenu. »
Résolution de problème	« La résolution de problèmes est votre capacité à cerner, à analyser, à proposer des solutions et à prendre des décisions. La résolution de problèmes vous aide à suivre les réussites, et à apprendre de son expérience. »
Communication	« La communication est votre capacité à recevoir, à comprendre, à considérer et à partager des renseignements et des idées en parlant, en écoutant et en interagissant avec les autres. »
Collaboration	« La collaboration est votre capacité à contribuer et à soutenir les autres pour atteindre un objectif commun. »
Adaptabilité	« L'adaptabilité est votre capacité à atteindre ou à ajuster vos objectifs et vos comportements lorsque des changements attendus ou inattendus se produisent. L'adaptabilité se manifeste par la planification, le maintien de la concentration, la persévérance et la capacité à surmonter les revers. »
Créativité et innovation	« La créativité et l'innovation est votre capacité à imaginer, à développer, à exprimer, à encourager et à appliquer des idées de manière novatrice, inattendue ou de remettre en question les méthodes et les normes existantes. »

<sup>40</sup> David Gyarmati, Janet Lane et Scott Murray, « Cadre des compétences et compétences essentielles du Canada », Forum des politiques publiques, novembre 2020, <https://ppforum.ca/fr/publications/cadre-des-competences-et-competences-essentielles-du-canada/>, viii.

<sup>41</sup> McLean & Company, « Develop a Comprehensive Competency Framework », <https://hr.mcleanco.com/research/ss/develop-core-and-leadership-competencies>.

<sup>42</sup> Gouvernement du Canada, « Compétences pour réussir », dernière mise à jour : 23 janvier 2024, <https://www.canada.ca/en/services/jobs/training/initiatives/skills-success.html>.

*Source des données : adapté de Boris Palameta et coll., « Rapport de recherche en appui au lancement de "Compétences pour réussir" : Structure, données probantes et recommandations », Société de recherche sociale appliquée, mai 2021, 14-32. <https://srdc.org/fr/project/rapport-de-recherche-en-appui-au-lancement-de-compétences-pour-reussir-structure-donnees-probantes-et-recommandations/>.*

Les cadres de compétences peuvent comprendre à la fois des compétences techniques et des compétences non techniques ou humaines. Ils peuvent également comprendre à la fois des connaissances générales et des connaissances spécifiques à un domaine. À l’instar du programme Compétences pour réussir du gouvernement canadien, ils peuvent présenter des compétences générales de façon globale, ou être plus granulaires et spécifiques en offrant une ventilation détaillée et hiérarchique des groupes de compétences et des domaines de connaissances. Dans leur version la plus spécifique, les cadres de compétences peuvent chercher à qualifier les éléments du cadre par des attributs tels que le niveau requis de maîtrise des connaissances et des domaines de connaissances.

Toutefois, quel que soit le thème, le degré de généralité ou de spécificité, ou encore l’identité de l’utilisateur final auquel se destine un cadre de compétences, pour être le plus utiles possible, les cadres de compétences doivent être étroitement harmonisés à des objectifs stratégiques.<sup>43</sup> L’harmonisation entre le cadre de compétences et la stratégie de l’organisation est un élément essentiel, qu’il soit développé au niveau sectoriel ou à l’échelle de l’économie. Différentes parties, tels que les travailleurs individuels, les employeurs, les établissements d’enseignement postsecondaire, le gouvernement et la société civile, utilisent les cadres de compétences sectoriels ou à l’échelle de l’économie pour influencer leurs propres processus décisionnels.

## TAXONOMIES DES APTITUDES ET DES COMPÉTENCES

Le terme *taxonomie des compétences* est souvent utilisé comme synonyme de cadre de compétences, bien que, dans certains cas, *taxonomie* puisse suggérer un effort de normalisation de la langue et de la terminologie, et développer une compréhension systématisée des postes et aptitudes. Toutefois, dans la pratique, les cadres de compétences normalisent et systématisent également la langue et la terminologie. Selon une note de recherche publiée en 2020 par la Banque interaméricaine de développement, les taxonomies des aptitudes et des compétences sont « des structures développées pour contribuer à fournir ce langage commun et cet ensemble de normes permettant de comprendre et de comparer les aptitudes ».<sup>44</sup> Comme les cadres de compétences, les taxonomies prennent souvent la forme d’ensembles de données multiniveaux documentant les aptitudes et les compétences dans différents secteurs ou de grands domaines de l’économie.

<sup>43</sup> Gregory W. Stevens, « A Critical Review of the Science and Practice of Competency Modeling », *Human Resource Development Review*, vol. 12 no 1, août 2012, <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1534484312456690?journalCode=hrda>.

<sup>44</sup> Álvaro Altamirano et Nicole Amaral, « A Skills Taxonomy for LAC : Lessons Learned and a Roadmap for Future Users », Banque interaméricaine de développement, novembre 2020, <https://publications.iadb.org/en/skills-taxonomy-lac-lessons-learned-and-roadmap-future-users>.



Emploi et Développement social Canada (EDSC) tient à jour une Taxonomie des compétences et des capacités pour le marché du travail canadien. Cette base de données contient plus de 250 aptitudes et compétences, y compris des définitions détaillées de plus de 900 professions.<sup>45</sup> La Taxonomie est basée sur des données internes du gouvernement, sur le système américain O\*NET et sur d'autres sources internationales d'IMT.<sup>46</sup>

Dans le but de définir un ensemble de compétences professionnelles universelles et pertinentes à l'échelle mondiale, le Forum économique mondial a élaboré une taxonomie mondiale des compétences liées au travail.<sup>47</sup> Cette taxonomie définit les compétences comme un « ensemble d'aptitudes, de connaissances, d'attitudes et de capacités qui permettent à un individu de remplir les fonctions de son emploi ». <sup>48</sup> Elle utilise cinq niveaux imbriqués, le niveau 1 correspondant aux aptitudes, capacités et attitudes générales, chaque niveau subséquent devenant plus spécifique. Pour chaque compétence, la taxonomie présente également des définitions de trois niveaux de maîtrise : « fondamental », « expérimenté » et « avancé ». <sup>49</sup>

Le Forum économique mondial souhaite que sa taxonomie aide les travailleurs à cartographier avec précision leurs compétences et à les rendre plus facilement transposables dans différents secteurs et contextes professionnels. La taxonomie peut également aider les employeurs à trouver de nouveaux bassins de talents dans des secteurs qu'ils n'auraient peut-être jamais envisagés par le passé.<sup>50</sup> Une taxonomie internationale des compétences professionnelles aussi complète offre également aux employeurs des données sur l'emploi essentielles à l'adoption de pratiques d'embauche et de développement de carrière fondées sur les aptitudes.<sup>51</sup>

## Bases de données sur les professions avec sous-ensembles d'emplois verts : O\*NET, ESCO, SkillsFuture Singapore

Les gouvernements du monde entier développent des bases de données professionnelles complètes, composées de taxonomies de professions, d'aptitudes et de compétences, ainsi que de parcours professionnels, scolaires et de formation. Les bases de données sur les professions contiennent des informations utiles sur le marché du travail aux chercheurs d'emploi, aux employeurs, aux

<sup>45</sup> Emploi et Développement social Canada, « Taxonomie des compétences et des capacités », dernière mise à jour : 2 juin 2023, <https://noc.esdc.gc.ca/TaxonomieCompetences/TaxonomieCompetencesBienvenue?GoCTemplateCulture=fr-CA>.

<sup>46</sup> Ibid.

<sup>47</sup> Forum économique mondial, « Construire un langage commun pour les compétences au travail Une taxonomie mondiale », janvier 2021, <https://www.weforum.org/publications/building-a-common-language-for-skills-at-work-a-global-taxonomy/>.

<sup>48</sup> Ibid. 7.

<sup>49</sup> Ibid, 15.

<sup>50</sup> Ibid. 7.

<sup>51</sup> Voir : Forum économique mondial, « Putting Skills First : Un cadre d'action », mai 2023, Forum économique mondial et PricewaterhouseCoopers, [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_CNES\\_Putting\\_Skills\\_First\\_2023.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_CNES_Putting_Skills_First_2023.pdf).

établissement d'enseignement postsecondaire et aux organismes de développement de la main-d'œuvre. Ces bases de données professionnelles commencent de plus en plus à répertorier les emplois verts et les compétences vertes. Trois exemples pertinents sont présentés ici.

## I. O\*NET Green Occupations (États-Unis)

Le réseau d'information sur les professions O\*NET est une base de données complète sur les professions financée par le gouvernement des États-Unis. O\*NET a été mis sur pied en 1998 et a depuis fait l'objet de nombreuses mises à jour afin de refléter les nouvelles professions et compétences produites par l'économie dynamique et en constante évolution des États-Unis.<sup>52</sup> Aujourd'hui, O\*NET contient une taxonomie de près de 1 000 professions différentes reflétant l'ensemble de l'économie américaine.<sup>53</sup> Fait particulièrement intéressant pour l'économie numérique verte, O\*NET comprend un ensemble de données sur les « professions vertes », qui présente des informations sur les professions vertes émergentes, les professions vertes bénéficiant d'une demande croissante, et les changements apportés aux professions existantes et aux compétences nécessaires dans les industries vertes.<sup>54</sup> La base de données des professions vertes d'O\*NET a été lancée en 2013.<sup>55</sup>

## II. Concepts de connaissances et compétences écologiques ESCO (Union européenne)

La base de données professionnelle European Skills, Competences, Qualifications and Occupations (ESCO) a été développée et financée par la Commission européenne de l'Union européenne (UE).<sup>56</sup> ESCO contient une taxonomie de 3 007 professions et de 14 295 compétences et aptitudes qui couvrent l'ensemble de l'économie européenne.<sup>57</sup> ESCO contient également des informations sur les qualifications professionnelles, la scolarité et la formation. Pour soutenir l'objectif de carboneutralité que s'est fixé l'UE pour 2050, ESCO a catégorisé 571 de ses connaissances et aptitudes comme étant « vertes ».<sup>58</sup>

<sup>52</sup> Conseil national de la recherche, « A Database for a Changing Economy : Review of the Occupational Information Network (O\*NET) », National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, United States Government, 2010, <https://doi.org/10.17226/12814>.

<sup>53</sup> O\*NET Resource Center, National Centre for O\*NET Development, « About O\*NET », consulté le 2 mars 2024, <https://www.onetcenter.org/overview.html>.

<sup>54</sup> O\*NET Resource Center, National Centre for O\*NET Development, « Green Occupations », consulté le 2 mars 2024, [https://www.onetcenter.org/dictionary/22.0/excel/green\\_occupations.html](https://www.onetcenter.org/dictionary/22.0/excel/green_occupations.html).

<sup>55</sup> National Centre for O\*NET Development, « Greening of the World of Work: O\*NET Project's Book of References », décembre 2013, [https://www.onetcenter.org/dl\\_files/GreenRef.pdf](https://www.onetcenter.org/dl_files/GreenRef.pdf).

<sup>56</sup> Direction générale Emploi, affaires sociales et inclusion, « Qu'est-ce que la classification ESCO », Commission européenne, consulté le 2 mars 2024, <https://esco.ec.europa.eu/fr>.

<sup>57</sup> Voir : Occupations, [https://esco.ec.europa.eu/fr/classification/occupation\\_main](https://esco.ec.europa.eu/fr/classification/occupation_main) et Skills & Competences, [https://esco.ec.europa.eu/en/classification/skill\\_main](https://esco.ec.europa.eu/en/classification/skill_main).

<sup>58</sup> Direction générale Emploi, affaires sociales et inclusion, « Green Skills and Knowledge Concepts: Labelling the ESCO classification - Technical Report », Commission européenne, janvier 2022, <https://esco.ec.europa.eu/en/about-esco/publications/publication/green-skills-and-knowledge-concepts-labelling-esco>, 5.



### III. MySkillsFuture (Singapour)

Portail d'éducation et de formation, MySkillsFuture est un élément clé de l'initiative SkillsFuture Singapore du gouvernement de Singapour.<sup>59</sup> Le portail comprend des informations complètes sur les options d'éducation et de formation offertes dans tout Singapour, ainsi qu'une liste des industries et des domaines d'activité pertinents pour les apprenants qui terminent avec succès les programmes recommandés. Les SkillsFuture Series sont une série de programmes de formation basés sur quatre « piliers économiques » considérés par le gouvernement de Singapour comme détenant une importance stratégique pour l'avenir économique du pays. Ces piliers sont l'économie numérique, l'économie verte, l'économie des soins et l'industrie 4.0.<sup>60</sup>

## Technologie émergente : ontologies d'aptitudes

L'Association for Talent Development définit les ontologies d'aptitudes comme « un ensemble d'aptitudes et les relations entre elles ». <sup>61</sup> Par exemple, une analyse des descriptions d'emploi pourrait permettre de déterminer quelles sont les compétences qui apparaissent le plus souvent dans les offres d'emploi de divers secteurs. Les progrès en technologie numérique, tels que l'apprentissage machine et l'intelligence artificielle, ont permis aux chercheurs et aux organisations pionnières de commencer à expérimenter les ontologies d'aptitudes dans le cadre de leur gestion des ressources humaines.<sup>62</sup> En utilisant les concepts de la science des données, les données de ces ontologies d'aptitudes peuvent s'autogénérer au fil du temps, à mesure que le système apprend à partir de nouvelles entrées de données sur les aptitudes et trouve de nouvelles relations entre les données.<sup>63</sup>

Les ontologies d'aptitudes servent à comprendre les relations profondes entre les différentes catégories d'aptitudes et les professions de manière dynamique au fil du temps. Si une taxonomie des aptitudes peut lier une liste statique de compétences à une seule rubrique professionnelle, une ontologie d'aptitudes cherche quant à elle à cartographier les relations entre les aptitudes à travers les catégories ou les domaines professionnels d'une manière non hiérarchique.<sup>64</sup> Par exemple, une ontologie des aptitudes développée par la société Phenom, spécialisée dans la technologie des ressources humaines, saisit les relations « aptitude à aptitude »,

<sup>59</sup> SkillsFuture Singapore, « MySkillsFuture: SkillsFuture Series », dernière mise à jour : 2 mars 2024, <https://www.myskillsfuture.gov.sg/content/portal/en/career-resources/career-resources/education-career-personal-development/skillsfuture-series.html>.

<sup>60</sup> Ibid.

<sup>61</sup> Isabella Lazzareschi, « Skill Data Dictionary, Part 2: Taxonomies, Ontologies, and More », Association for Talent Development, 12 mars 2021, <https://www.td.org/atd-blog/skill-data-dictionary-part-2-taxonomies-ontologies-and-more>.

<sup>62</sup> Voir : KPMG International, « The Future of HR : Lessons from the Pathfinders », 2021, <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/09/future-of-hr-lessons-from-the-pathfinders.pdf>; Thorsten Lau & York Sure, « Introducing Ontology-based Skills Management at a large Insurance Company », Modelling in der Praxis, 2002, <https://www.aifb.kit.edu/web/Inproceedings27>; Maryam Fazel-Zarandi et Mark S. Fox, « An Ontology for Skill and Competency Management », Proceedings of the 7th International Conference on Formal Ontologies in Information Systems, Graz, Austria, 2012, [http://eil.utoronto.ca/wp-content/uploads/km/papers/MFZ\\_Fox\\_FOIS\\_2012\\_CR.pdf](http://eil.utoronto.ca/wp-content/uploads/km/papers/MFZ_Fox_FOIS_2012_CR.pdf).

<sup>63</sup> KPMG International, « The Future of HR : Leçons des pionniers », 13.

<sup>64</sup> Nathaniel Plamondon, « Skills ontology 101 », Cornerstone, consulté le 1er mars 2024, <https://www.cornerstoneondemand.com/mx/resources/article/skills-ontology-101/>.



« poste à poste » et « aptitude à aptitude », ce qui permet de cartographier les compétences en lien avec des emplois ou des aptitudes apparemment sans rapport (voir la figure 3 ci-dessous).<sup>65</sup> Une telle cartographie ontologique offre des perspectives enrichissantes sur la main-d'œuvre et le marché du travail.

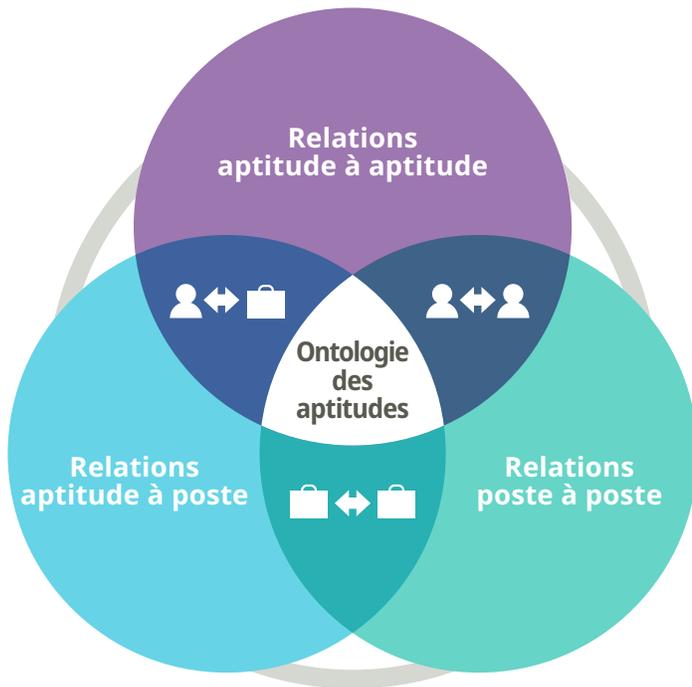


Figure 3 : Diagramme de relations de l'ontologie des aptitudes; Source : Adapté avec l'autorisation de Kasey Lynch, « Demystifying Skill Ontologies: Your Roadmap to Clarity », 13 novembre 2023, Phenom.

De telles ontologies des aptitudes recèlent un grand potentiel pour la recherche future sur les aptitudes et compétences numériques vertes. À mesure que les économies numériques vertes évoluent et s'intègrent au Canada et à l'international, des ontologies des aptitudes numériques vertes robustes et dynamiques peuvent offrir des informations opportunes et polyvalentes sur le marché du travail aux chercheurs d'emploi, aux employeurs et aux responsables des politiques.

## CATÉGORISER LES APTITUDES ET LES POSTES POUR L'ÉCONOMIE NUMÉRIQUE VERTE : MÉCANISMES EXISTANTS

Il existe déjà de nombreux outils permettant la classification des postes et des aptitudes dans l'économie numérique verte, chacun pour des régions et des objectifs différents. Comme le souligne un rapport de 2023 sur les emplois verts du Centre pour l'étude des politiques publiques européennes (CEPS), « une variété de définitions et de cadres de classification ont été produits par des organisations

<sup>65</sup> Voir : Kasey Lynch, « Demystifying Skill Ontologies: Your Roadmap to Clarity », 13 novembre 2023, Phenom, <https://www.phenom.com/blog/demystifying-skill-ontologies>.

internationales et universitaires, la plupart d'entre eux évaluant le caractère vert des emplois soit du point de vue de l'entreprise, soit du point de vue du travailleur ».<sup>66</sup> Selon l'analyse du CEPS, ces différentes définitions du travail vert s'inscrivent à différents niveaux d'analyse. Par exemple, les aptitudes, les regroupements de compétences ou les professions s'appuient sur des optiques normatives différentes pour conceptualiser les professions vertes ou les industries vertes (détaillées ci-dessous) et varient selon leur utilisation pour analyser les données du marché du travail.<sup>67</sup>

## Taxonomie de Bohnenberger sur l'emploi durable

Les cadres et les taxonomies peuvent servir dans l'analyse du marché du travail pour mieux comprendre d'autres aspects des professions, tels que le degré de durabilité ou d'aspect vert des professions individuelles dans l'ensemble d'une industrie ou d'un secteur. Katharina Bohnenberger, chercheuse à l'Université de Duisbourg-Essen, propose une taxonomie de l'emploi durable, qui classe les emplois et les secteurs d'emploi en emplois « verts », « mixtes » ou « bruns ».<sup>68</sup>

Selon la taxonomie de Bohnenberger, pour qu'un emploi soit considéré comme entièrement vert, il doit produire des « résultats de travail durables », s'inscrire dans une « profession durable », aider les travailleurs à adopter un « mode de vie professionnelle durable » et créer une « efficacité de résultat durable ». Les emplois qui ne répondent pas à tous ces critères sont considérés comme des emplois mixtes — ou, s'ils causent activement des dommages à l'environnement, comme des emplois bruns.<sup>69</sup> La taxonomie de l'emploi durable de Bohnenberger offre un moyen utile de réfléchir à la durabilité des professions dans un contexte plus large. Cette taxonomie examine la durabilité des tâches et des résultats associés à une profession, ainsi que l'efficacité des résultats et le soutien apporté aux travailleurs individuels pour qu'ils adoptent des modes de vie professionnelle durables (voir figure 4 ci-dessous).

<sup>66</sup> Patricia Urban et coll., « Jobs for the Green Transition: Definitions, Classifications and Emerging Trends », Centre pour l'étude des politiques publiques européennes, septembre 2023, 34, <https://esco.ec.europa.eu/en/about-esco/publications/publication/jobs-green-transition-definitions-classifications-and-emerging>.

<sup>67</sup> Ibid., 1-7.

<sup>68</sup> Katharina Bohnenberger, « Is it a green or brown job? A Taxonomy of Sustainable Employment », *Ecological Economics* no 200, 2022, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800922001318?via%3Dihub>.

<sup>69</sup> Ibid., 7.

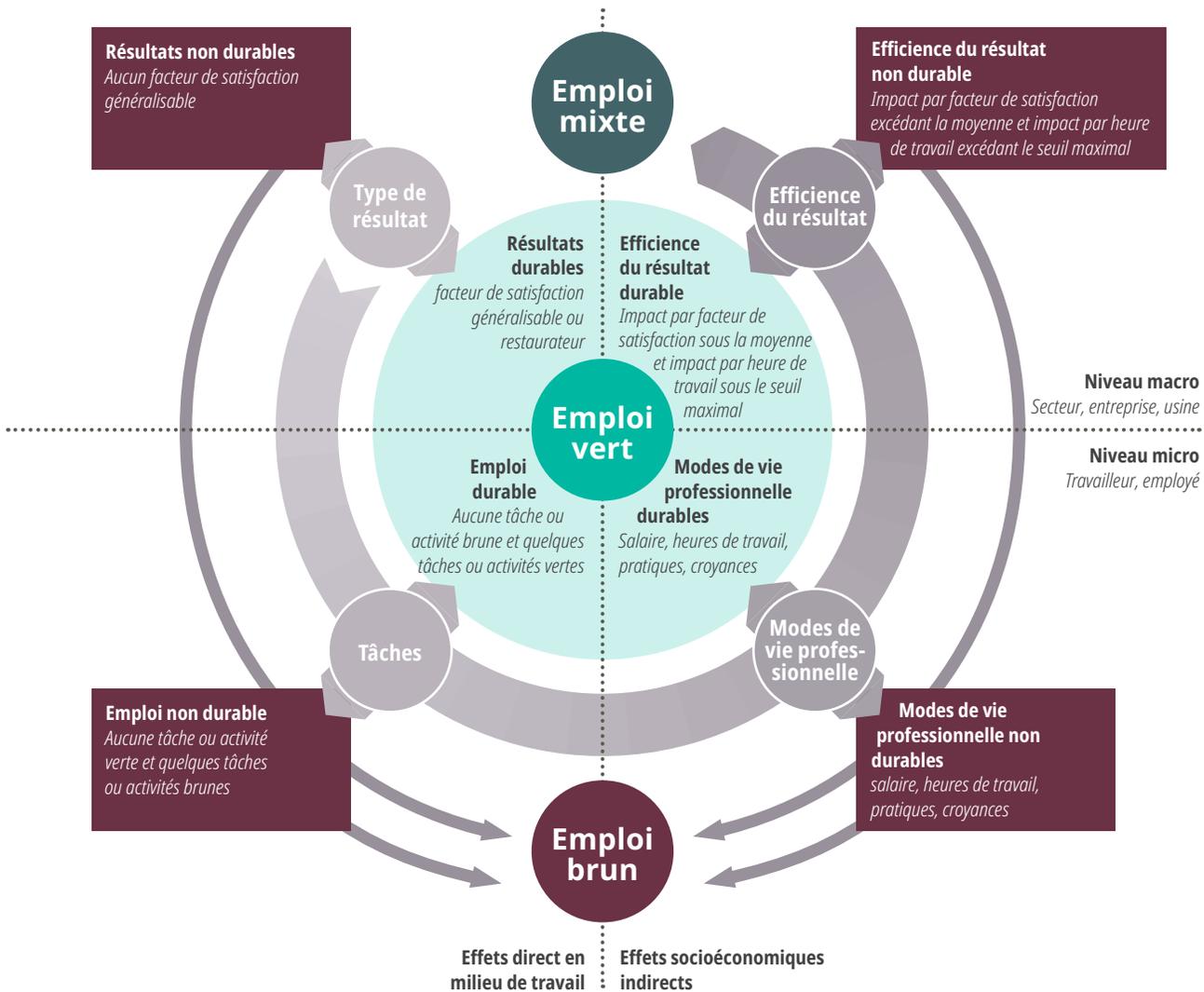


Figure 4 : Taxonomie de l'emploi durable de Bohnenberger. Source : Adapté avec l'autorisation de Katharina Bohnenberger, « Is it a green or brown job? A Taxonomy of Sustainable Employment », *Ecological Economics*, no 200, 2022, 7.

## Typologie des compétences vertes pour les programmes des établissements d'enseignement supérieur technique et technologique

Les typologies des aptitudes regroupent les aptitudes en groupes significatifs qui tentent d'exprimer les attributs communs que les groupes d'aptitudes partagent au-delà du fait qu'ils font partie de la même profession ou du même secteur d'activité. Ces typologies des aptitudes offrent un cadre analytique utile pour comprendre les aptitudes et autres compétences au sens large. Par exemple, la distinction entre les compétences non techniques, humaines ou interpersonnelles et les compétences techniques constitue une typologie grossière. Les typologies ont de nombreux usages, mais dans l'enseignement supérieur, elles peuvent offrir aux établissements d'enseignement postsecondaire et de formation un cadre et un point de référence pour l'élaboration de nouveaux programmes de formation et de programmes d'études.

Helen Knibb et Chris Paci, chercheurs canadiens dans le domaine de l'enseignement supérieur, ont élaboré une typologie des aptitudes vertes à l'intention des établissements d'enseignement et de formation techniques et professionnels (EFTP), tels que les collèges communautaires et les instituts de technologie.<sup>70</sup> La typologie cherche à classer les compétences professionnelles par niveau de spécificité, en commençant par les compétences techniques étroites pertinentes pour un seul emploi ou une seule profession, puis en élargissant aux compétences techniques pertinentes pour plusieurs domaines ou industries. Elle présente également les « aptitudes de transition » qui se modifient à mesure que les professions et les industries deviennent plus écologiques, et enfin les « compétences transversales » qui sont essentielles à la transition écologique et qui s'appliquent de façon universelle dans l'ensemble de l'économie.<sup>71</sup>

L'un des points forts de cette approche est son clin d'œil à la spécialisation. En divisant les compétences techniques, humaines et écologiques et les connaissances du domaine en niveaux spécialisés ou généralistes, Knibb et Paci soulignent que même si peu de personnes ont besoin d'être formées à des compétences techniques écologiques spécialisées liées à l'emploi ou à la profession, l'ensemble de la main-d'œuvre peut bénéficier d'une formation et d'une éducation pour acquérir des aptitudes transversales généralistes.

Ils mettent également l'accent sur les aptitudes de transition qui resteront pertinentes à mesure qu'elles évolueront au même rythme que la transition verte en cours dans la société et l'économie. Le tableau 2 ci-dessous présente une adaptation de la typologie.

<sup>70</sup> Helen Knibb et Chris Paci, « The Greening of Canada's College Curriculum: A Pan-Canadian Survey », TVET@Asia, janvier 2016, 13-14 <https://tvet-online.asia/issue/6/knibb-paci/>.

<sup>71</sup> Ibid.



Tableau 2 : Typologie des compétences vertes pour les programmes d'EFTP (adapté de Knibb & Paci, 2016)

Niveaux de compétence	Attributs et application dans la sphère professionnelle
I Techniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spécifique à l'emploi/la profession</li> <li>• Émergente/nouvelle</li> <li>• Offre limitée</li> <li>• Durée de conservation courte</li> <li>• Présence possible de technologies propriétaires</li> </ul>
II Techniques générales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Couvre un éventail de compétences techniques/technologiques</li> <li>• Comprend des compétences nouvelles et des compétences adaptées</li> <li>• Commune à plusieurs emplois/professions</li> <li>• Adaptable à différents milieux de travail/industries</li> </ul>
III En transition	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adapte les compétences professionnelles existantes aux pratiques écologiques/durables</li> <li>• Modifications progressives des compétences professionnelles existantes</li> </ul>
IV Visant la durabilité c.-à-d., « compétences transversales »	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Axée sur l'avenir</li> <li>• Caractère général</li> <li>• Commune ou universelle dans l'ensemble de la main-d'œuvre</li> <li>• Hautement transférable d'un secteur ou d'une industrie à l'autre (compétences non techniques)</li> <li>• Complémentaire à des compétences plus spécifiques</li> <li>• Longue durée de conservation</li> </ul>

Adapté de : Helen Knibb & Chris Paci, « The Greening of Canada's College Curriculum: A Pan-Canadian Survey », TVET@Asia, janvier 2016, <https://tvvet-online.asia/issue/6/knibb-paci/>, 13-14.

## POSITIONNEMENT D'UN CADRE DE COMPÉTENCES NUMÉRIQUES VERTES POUR LE CANADA

Comme indiqué ci-dessus, il existe actuellement de nombreux cadres de compétences, bases de données professionnelles, taxonomies de compétences et typologies accessibles au public. Certains tiennent compte de l'ensemble de l'économie, tandis que d'autres adoptent une approche plus étroite pour s'attarder seulement sur les compétences et emplois verts et durables. Pourtant, il n'existe actuellement aucun cadre de compétences axé sur l'intersection des économies numériques vertes au Canada. Les chercheurs d'emploi, les employeurs et les responsables politiques n'ont actuellement pas accès à un cadre de compétences numériques vertes moderne pouvant servir à la planification de carrières, à l'analyse du marché du travail et à l'élaboration de politiques.



Le CTIC cherche à combler cette lacune dans l'écosystème de l'information sur le marché du travail canadien en élaborant un cadre de compétences numériques vertes pour le Canada. Le cadre de compétences numériques et vertes du CTIC se veut une plateforme sur laquelle les organismes générateurs d'IMT pourront bâtir de futurs produits de données et d'IMT, tels que des cadres de compétences numériques vertes et des taxonomies, des typologies, des bases de données sur les professions et, éventuellement, des ontologies de compétences numériques et vertes. Le Cadre de compétences numériques et vertes du CTIC est présenté à la section III du présent rapport.



# Cadre de compétences numériques vertes



La double transition entraîne des répercussions généralisées sur le marché du travail. Les exigences établies par les professions traditionnelles en matière de compétences évoluent constamment à mesure que de nouvelles technologies numériques apparaissent et que de nouvelles lois et de nouveaux objectifs liés à l'environnement et au climat sont mis en place. D'une part, les postes traditionnels deviennent de plus en plus « numériques verts », et d'autre part, de nouveaux postes de spécialistes du numérique et de la durabilité émergent également. Devant cette double transition qui modifie les marchés du travail, il est essentiel que les chercheurs d'emploi, les employeurs, les établissements d'enseignement et les responsables politiques aient une compréhension claire des compétences, aptitudes et domaines de connaissances numériques verts recherchés.

S'appuyant sur des entretiens auprès d'informateurs clés, sur l'enquête du CTIC auprès des employeurs de l'économie numérique verte et sur des données secondaires telles que des recherches sur le marché du travail et des bases de données, ce cadre de compétences présente une première version de la classification des compétences, aptitudes et connaissances numériques vertes. Étant donné qu'il s'agit de la première étude examinant l'intersection des marchés du travail de l'économie verte et de l'économie numérique au Canada, ce cadre est de nature générale. Il sert de tremplin aux futures recherches sur le marché du travail numérique vert au Canada.

Ce cadre de compétences vise à aider ceux qui recherchent des carrières en lien avec les technologies numériques et les solutions de durabilité environnementale. Il présente des données pertinentes et empiriques sur les parcours professionnels et les industries d'intérêt. Ce cadre vise également à informer les employeurs et les responsables des politiques sur les attributs actuels du marché du travail numérique vert au Canada. Les établissements d'enseignement postsecondaire et les organisations de développement de la main-d'œuvre peuvent s'appuyer sur ce cadre dans l'élaboration ou la mise à jour de programmes d'études visant à combler les lacunes en matière de compétences numériques vertes.

Ce cadre de compétences se divise en cinq activités principales qui transcendent les économies numériques vertes au Canada. Les activités décrites dans le cadre numérique vert du CTIC sont les suivantes :

1. Conseil et analyse
2. Conception et construction
3. Production et fabrication
4. Gestion, réglementation et comptabilité
5. Transport et soutien

Pour chaque activité, le CTIC présente une liste des connaissances et compétences numériques vertes les plus courantes requises pour la mener à bien (tableau 3). L'activité 1 (Conseil et analyse) comprend les connaissances et compétences numériques vertes liées à la collecte, à l'évaluation, à l'analyse et à la divulgation de données environnementales et des services d'information. L'activité 2 (Conception et construction) comprend les aptitudes et connaissances numériques vertes liées aux processus de conception et de construction durables, comme la modernisation de l'environnement bâti pour contribuer à l'adaptation au changement climatique et à l'atténuation de ses effets. L'activité 3 (Production et fabrication) porte sur les connaissances et compétences numériques vertes liées à la production et à la fabrication durables de biens. Il s'agit par exemple des compétences liées à la production d'énergie renouvelable, à l'agriculture durable et à la fabrication de pointe. Dans l'activité 4 (Gestion, réglementation et comptabilité), les aptitudes et connaissances numériques vertes sont nécessaires pour garantir que les activités économiques (numériques et vertes) sont bien réglementées, que les ressources naturelles sont correctement gérées et que les émissions de gaz à effet de serre sont quantifiées et contrôlées de manière efficace. Enfin, l'activité 5 (Transport et soutien) présente les aptitudes et connaissances numériques vertes nécessaires pour garantir que les activités de transport, de logistique et de chaîne d'approvisionnement sont écologiquement durables.

Le Cadre de compétences numériques vertes du CTIC est décrit dans le tableau 3. Les nuances de chaque activité sont présentées plus en détail dans les sous-sections suivantes, qui décrivent les aptitudes et connaissances numériques vertes communes et présentent les professions pertinentes à chaque activité. Chaque sous-section comprend également des études de cas, qui détaillent comment les industries, les compétences et les professions évoluent au Canada pour englober davantage d'ensembles de compétences numériques vertes. Enfin, le CTIC présente une section sur les compétences transférables, qui transcende tous les domaines d'activité décrits dans ce cadre.

Il est important de noter que le CTIC utilise le terme « numérique vert » comme un terme fourre-tout pour décrire les ensembles d'aptitudes, les domaines de connaissances et les compétences nécessaires à la double transition. Certaines des aptitudes et connaissances abordées dans le présent rapport sont de nature plus numérique, tandis que d'autres sont de nature plus verte. Le plus important est la convergence entre les compétences numériques et les compétences vertes et la manière dont elles se complètent pour potentialiser l'efficacité des opérations,



atténuer le changement climatique, protéger les ressources naturelles et favoriser la prospérité économique. Les travailleurs dotés des compétences numériques vertes décrites dans ce cadre peuvent être considérés comme bien outillés pour participer pleinement à la double transition.

**Tableau 3 :** Cadre de compétences numériques vertes du CTIC — compétences numériques vertes communes pour les principales activités de la double transition.

Activité	Compétences numériques vertes communes	Connaissances numériques vertes communes	Exemples d'industries/secteurs
<p><b>Conseil et analyse</b></p> <p><i>Connaissances et compétences liées à la collecte, à l'évaluation, à l'analyse, au traitement et à la divulgation d'informations et de services de données sur l'environnement.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de données</li> <li>Visualisation de données</li> <li>Modélisation de données et conception de bases de données</li> <li>Logiciel d'analyse</li> <li>Modélisation énergétique</li> <li>Évaluations de l'impact sur l'environnement</li> <li>Mobilisation des intervenants</li> <li>Technologies géospatiales</li> <li>Plateformes de renseignements opérationnels</li> <li>Programmation et codage</li> <li>IA générative</li> <li>Analyse/gestion des risques</li> <li>Analyse financière</li> <li>Rédaction/communication scientifique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Surveillance de l'environnement</li> <li>Législation et réglementation environnementales</li> <li>Gestion de l'environnement</li> <li>Conformité réglementaire</li> <li>Audit environnemental</li> <li>Gouvernance environnementale</li> <li>Systèmes naturels</li> <li>Science de l'environnement</li> <li>Durabilité environnementale</li> <li>Solutions axées sur la nature</li> <li>Changement climatique et tendances mondiales en environnement</li> <li>Conservation de l'environnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conseil en environnement</li> <li>Services de conseil et d'information sur les principes ESG</li> <li>Services de recherche</li> <li>Services d'information sur l'environnement</li> </ul>
<p><b>Conception et construction</b></p> <p><i>Connaissances et compétences requises pour concevoir, construire et moderniser de manière durable les infrastructures dans l'ensemble de l'environnement bâti.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation et codage</li> <li>Littératie numérique</li> <li>Analyse des données</li> <li>Modélisation de l'information sur les bâtiments</li> <li>Modélisation énergétique</li> <li>Gestion de projet</li> <li>Fonctionnement de l'outillage</li> <li>Dessin assisté par ordinateur</li> <li>Technologies immersives</li> <li>Impression 3D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Énergie renouvelable</li> <li>Adaptation au changement climatique</li> <li>Solutions axées sur la nature</li> <li>Durabilité environnementale</li> <li>Efficacité énergétique</li> <li>Conformité réglementaire</li> <li>Législation et réglementation environnementales</li> <li>Codes de construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Architecture et conception</li> <li>Construction et métiers spécialisés</li> <li>Ingénierie</li> <li>Services publics</li> <li>Urbanisme et développement</li> </ul>



Activité	Compétences numériques vertes communes	Connaissances numériques vertes communes	Exemples d'industries/secteurs
<p><b>Production et fabrication</b></p> <p><i>Connaissances et compétences impliquées dans la production et la fabrication durables de produits et d'extraits physiques.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robotique et automatisation</li> <li>• Modélisation énergétique</li> <li>• Optimisation</li> <li>• Analyse de données</li> <li>• Assainissement de l'environnement</li> <li>• Littératie numérique</li> <li>• Cybersécurité</li> <li>• Impression 3D</li> <li>• Programmation et codage</li> <li>• Infonuagique</li> <li>• Machinerie</li> <li>• Installation et entretien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Législation et réglementation environnementales</li> <li>• Durabilité environnementale</li> <li>• Gestion des ressources naturelles</li> <li>• Approvisionnement durable</li> <li>• Changement climatique et tendances mondiales en matière d'environnement</li> <li>• Atténuation du changement climatique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agroalimentaire</li> <li>• Fabrication de pointe</li> <li>• Biotechnologie</li> <li>• Énergie renouvelable (production)</li> <li>• Minage</li> <li>• Services publics</li> </ul>
<p><b>Gestion, réglementation et comptabilité</b></p> <p><i>Connaissances et compétences liées à la gestion, à la réglementation et à la comptabilisation des activités économiques et des nombreuses interactions de l'humanité avec l'environnement naturel.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse et développement des politiques</li> <li>• Analyse de données</li> <li>• Comptabilisation des GES</li> <li>• Gestion de projet</li> <li>• Évaluation des risques</li> <li>• Gestion du changement</li> <li>• Gestion des ressources humaines</li> <li>• Gestion des ressources naturelles</li> <li>• Gestion des parties prenantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gouvernance numérique</li> <li>• Science de l'environnement</li> <li>• Conformité réglementaire</li> <li>• Réglementation, législation et politique en matière d'environnement</li> <li>• Changement climatique et tendances mondiales en matière d'environnement</li> <li>• Durabilité environnementale</li> <li>• Cybersécurité</li> <li>• Règlement sur la protection de la vie privée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Services de réglementation</li> <li>• Planification et politique</li> <li>• Gestion de déchets</li> <li>• Gestion de l'eau et des ressources</li> <li>• Énergie renouvelable</li> <li>• Droit environnemental</li> </ul>
<p><b>Transport et soutien</b></p> <p><i>Ensemble des industries/secteurs dont l'activité principale est axée sur le transport, la distribution, la logistique et la chaîne d'approvisionnement.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programmation et codage</li> <li>• Littératie numérique</li> <li>• Analyse de données</li> <li>• Navigation et optimisation des itinéraires</li> <li>• Surveillance de l'entretien de la flotte</li> <li>• Stratégie de répartition de la flotte</li> <li>• Modélisation énergétique</li> <li>• Évaluations du cycle de vie</li> <li>• Gestion de projet</li> <li>• Machinerie</li> <li>• Technologies immersives (p. ex., réalité augmentée ou virtuelle)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urbanisme</li> <li>• Gestion des ports</li> <li>• Adaptation au changement climatique</li> <li>• Corridors commerciaux</li> <li>• Durabilité environnementale</li> <li>• Modélisation des systèmes énergétiques</li> <li>• Conformité réglementaire</li> <li>• Législation et réglementation environnementales</li> <li>• Gestion du trafic et des mouvements de la flotte</li> <li>• Gestion des actifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chaîne d'approvisionnement et logistique</li> <li>• Distribution et transport maritime</li> <li>• Transport aérien</li> <li>• Transport ferroviaire</li> <li>• Camionnage et fret</li> <li>• Transport de véhicules personnels</li> </ul>

## ACTIVITÉ 1 : CONSEIL ET ANALYSE

En raison de l'adoption rapide des technologies numériques — et d'une compréhension également croissante de la durabilité environnementale, de la préoccupation pour le changement climatique et de l'adoption de pratiques commerciales vertes —, on constate une demande de compétences numériques vertes axées sur la collecte et l'analyse de données sur l'environnement et la durabilité et sur le conseil auprès de différents clients et groupes de parties prenantes quant aux approches numériques et vertes entourant la durabilité. Ces activités constituent l'activité 1 (conseil et analyse) du Cadre de compétences numériques et vertes du CTIC.

L'activité 1 englobe les emplois et les industries numériques verts dont l'objectif principal et les activités quotidiennes consistent à recueillir et à analyser des données et à prodiguer des conseils sur l'économie numérique verte. Il s'agit de toutes les industries et de tous les secteurs dont l'activité principale consiste à recueillir, à gérer, à traiter, à analyser, à évaluer et divulguer des informations sur l'environnement.

Si l'analyse de données et de renseignements est une activité répandue dans l'ensemble de l'économie numérique verte, pour certaines industries, les services d'information, de conseil et d'analyse constituent leur principale offre. Ces entreprises comprennent celles qui offrent des services de conseil environnemental, des évaluations d'impact, de la surveillance environnementale, des services d'information sur l'environnement et la durabilité, des données ESG et des services de conseil, ainsi que des établissements d'enseignement et de recherche axés sur la durabilité environnementale et l'économie numérique. Si les entreprises de ces secteurs peuvent varier, leur point commun réside dans le fait que leur principale offre consiste à fournir des informations et des analyses sur les questions d'environnement et de durabilité. Ce faisant, ces entreprises font largement appel aux compétences et aux plateformes numériques.

Les compétences numériques vertes qui relèvent généralement de l'activité 1 comprennent des aptitudes telles que la collecte de données environnementales et l'utilisation de technologies numériques comme les bases de données et les logiciels d'analyse pour gérer, traiter et analyser des données. Les personnes travaillant dans les secteurs relevant de l'activité 1 doivent posséder d'excellentes compétences en matière de recherche et d'analyse pour mener à bien leur travail, ainsi que des aptitudes supérieures en matière de communication écrite, verbale et visuelle leur permettant d'expliquer leurs résultats aux clients, aux décideurs et au public. Les connaissances communes nécessaires aux travailleurs de l'activité 1 comprennent les sciences environnementales, les principes de durabilité, la conformité et les réglementations environnementales, ainsi que les concepts de gouvernance et d'ESG. Voir le tableau 4 ci-dessous.



Tableau 4 : Activité 1 — Conseil et analyse, connaissances et compétences numériques vertes communes

Compétences numériques vertes communes	Connaissances numériques vertes communes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse de données</li> <li>• Visualisation de données (p. ex., tableau)</li> <li>• Modélisation de données et conception de bases de données</li> <li>• Logiciels d'analyse (p. ex., STATA, SPSS)</li> <li>• Modélisation énergétique</li> <li>• Évaluations des impacts environnementaux</li> <li>• Mobilisation de parties prenantes</li> <li>• Plateformes opérationnelles (p. ex., Power BI)</li> <li>• Technologies géospatiales (logiciels SIG, GPS, télédétection)</li> <li>• Rédaction/communication scientifique</li> <li>• Programmation et codage (p. ex., JavaScript, Python)</li> <li>• IA générative</li> <li>• Analyse/gestion des risques</li> <li>• Analyse financière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surveillance environnementale</li> <li>• Réglementation environnementale</li> <li>• Gestion de l'environnement</li> <li>• Conformité réglementaire</li> <li>• Audit environnemental</li> <li>• Gouvernance environnementale</li> <li>• Systèmes naturels</li> <li>• Durabilité environnementale</li> <li>• Science de l'environnement</li> <li>• Solutions axées sur la nature</li> <li>• Science du climat/changement climatique</li> </ul>

Selon des données sur les emplois verts fournies par O\*NET et complétées par les informations recueillies lors de l'enquête sur les employeurs numériques verts du CTIC et des entretiens auprès de spécialistes, les postes clés numériques verts impliqués dans l'activité de conseil et d'analyse sont énumérés dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 : Postes les plus associés à l'activité 1 — conseil et analyse

Poste numérique et vert	Code O*NET SOC 2010
Analyste du commerce du carbone	13-2051.00
Analyste du changement climatique	19-2041.01
Conseiller en environnement	13-1199.05
Économiste de l'environnement	19-3011.01
Scientifique et spécialiste de l'environnement	19-2041.00
Analyste des données (ESG ou autres)	15-2051.00
Analyste financier quantitatif	13-2099.01
Technicien en systèmes d'information géographique	15-1199.05
Scientifique et technologue de l'information géospatiale	15-1199.04
Écologiste industriel	19-2041.03
Scientifique et technologue de la télédétection	19-2099.01
Technicien en télédétection	19-4099.03
Spécialiste de la gestion de risques	13-2099.02
Spécialiste du développement durable	13-1199.05

*Sources des données : Listes de professions O\*NET ; Bases de données Green New and Emerging Occupations, Green Increased Demand Occupations et Green Enhanced Skills : <https://www.onetcenter.org/reports/Green.html>. Analyse du CTIC.*

Pour mieux préciser les compétences numériques vertes, les domaines de connaissances et les professions qui relèvent de l'activité 1 (conseil et analyse) du cadre de compétences numériques vertes du CTIC, trois courtes études de cas sur l'industrie du conseil environnemental, l'utilisation des technologies géospatiales dans les industries numériques vertes, et l'industrie des services d'information et de conseil en matière d'ESG sont présentées ci-dessous.

### Lumière sur une industrie numérique verte : le conseil en environnement

Le secteur du conseil en environnement offre à sa clientèle des conseils professionnels sur des questions telles que la conformité réglementaire, la durabilité, la gestion de l'environnement et l'évaluation des impacts. Les sociétés de conseil en environnement sont présentes partout au Canada. Leurs services sont utilisés par des industries telles que l'immobilier et la construction, l'infrastructure et le transport, l'énergie, la fabrication, etc.

Les cabinets de conseil en environnement travaillent sur le terrain, en milieu urbain, rural ou éloigné, et recueillent des échantillons et des données sur la santé des écosystèmes et l'impact de l'humain sur l'environnement naturel. Les données recueillies sur le terrain comprennent généralement des indicateurs chimiques,



biologiques et géologiques de la qualité de l'air, de l'eau et du sol. En traitant, en compilant et en analysant ces données, les conseillers en environnement peuvent tirer des conclusions sur la santé des écosystèmes, par exemple sur les niveaux de contaminants et les risques pour la santé écologique et humaine.

Dans leur travail sur le terrain, en laboratoire et en collecte de données, les conseillers en environnement utilisent beaucoup les technologies numériques pour consigner des mesures prises sur le terrain. Ils peuvent également utiliser des drones et des avions pour recueillir des données de télédétection, telles que des photographies aériennes et des scans LiDAR. La photographie satellite est également couramment utilisée comme source de données dans les projets de conseil en environnement.

En laboratoire, les conseillers en environnement peuvent tirer parti de technologies numériques pour procéder à des analyses biogéochimiques, telles que la spectroscopie (p. ex., la fluorescence X pour déterminer la composition élémentaire des échantillons de sol et d'eau ou la spectrométrie de masse à rapport isotopique pour mesurer l'abondance relative des isotopes dans les échantillons prélevés sur le terrain). Outre la collecte et l'analyse de données sur le terrain et en laboratoire, les conseillers en environnement s'appuient également sur de vastes masses de données et de littérature provenant de sources secondaires. Un conseiller en environnement interrogé dans le cadre de cette étude a expliqué que les cabinets de conseil commencent à utiliser l'IA pour extraire et résumer des informations utiles à partir de sources d'information écrites, telles que les rapports réglementaires et la littérature scientifique.

Après le travail sur le terrain et en laboratoire, les conseillers en environnement doivent synthétiser toutes les informations recueillies pour en tirer des résultats attendus par la clientèle, tels que des rapports et des tableaux de bord. Cette démarche nécessite de grandes capacités d'analyse de données, y compris des compétences en matière d'analyse statistique, de gestion de données et d'interprétation. Ce processus s'appuie à nouveau sur les technologies numériques, telles que l'intelligence d'affaires, les systèmes d'information géographique et les logiciels de conception assistée par ordinateur. De plus en plus, les cabinets de conseil en environnement complètent les rapports écrits traditionnels par des tableaux de bord et des visuels en 3D avec superposition de données sur les sites d'étude. Les résultats et les recommandations des projets de conseil en environnement constituent des sources d'information essentielles pour les activités de mise en conformité et de prise de décision en matière d'environnement.

Pour sa forte utilisation de compétences numériques vertes et son rôle important dans l'offre d'informations, d'analyse et de conseils de spécialistes pour la conformité réglementaire et la prise de décision en matière d'environnement, l'industrie du conseil en environnement constitue un exemple utile de l'industrie de la transition numérique verte de l'activité 1 au Canada.



## Technologies géospatiales : microscope numérique vert

Pour les entreprises telles que les cabinets de conseil en environnement, les fournisseurs de services d'information sur l'environnement et le développement durable, les instituts de recherche sur l'environnement et les services de conseil en matière d'ESG — qui sont toutes fortement impliquées dans la collecte, l'évaluation, l'analyse, le traitement et la divulgation d'informations sur l'environnement —, l'utilisation de technologies géospatiales, telles que les systèmes d'information géographique (SIG), la télédétection et les systèmes de localisation (GPS), est très répandue. Parmi les employeurs interrogés dans le cadre de cette étude, les technologies géospatiales constituaient souvent des composantes essentielles de leurs activités d'entreprise. Pour les travailleurs numériques verts responsables de la collecte et de l'analyse de données sur l'environnement et la durabilité, la connaissance des technologies géospatiales représente un ensemble de compétences inestimable.

Comme d'autres technologies numériques, les technologies géospatiales ont rapidement progressé au cours des dernières années, tirant parti d'une plus grande puissance de calcul et de données géographiques. Comme l'a fait remarquer un employeur numérique vert interrogé dans le cadre de cette étude, « les systèmes d'information géographique existent depuis des décennies, mais je pense que ce qui se passe actuellement, c'est que nous avons davantage accès à des données de haute qualité, que les méthodes que nous utilisons pour collecter les données sont devenues plus variables, et que des choses comme l'imagerie par satellite sont maintenant de meilleure résolution ».

Par exemple, dans le domaine de l'expertise-conseil en matière d'environnement, les mesures GPS d'un biologiste sur le terrain concernant la flore et la faune sensibles peuvent être combinées à des photographies aériennes prises par un avion piloté ou un drone et superposées à des données satellitaires sur le stress de la végétation dans une région étudiée. Ces données spatiales recueillies auprès de différentes sources peuvent être fusionnées dans une base de données SIG, puis cartographiées et visualisées pour des rapports et des présentations. Ces informations géospatiales peuvent être intégrées à des plans créés dans un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) pour comprendre comment la construction d'un nouveau projet industriel pourrait affecter l'environnement naturel.

Comme l'observe Jerome E. Dobson, professeur de géographie à l'Université du Kansas, « collectivement, les SIG, le GPS, la télédétection par satellite et la géographie populaire constituent un microscope qui permet aux scientifiques, aux praticiens et au public de voir la terre comme jamais auparavant ».<sup>72</sup> Ce microscope géospatial permet un niveau inédit de fusion des données et de prise de décision guidée par les données et est immensément utile dans les industries numériques

<sup>72</sup> Jerome Dobson, « Through the Macroscopic: Geography's View of the World », Esri, N. D., <https://www.esri.com/news/arcnews/winter1112/articles/through-the-macroscopic-geography-view-of-the-world.html>.



vertes, permettant une prise de décision et une planification fondées sur des données comme jamais auparavant. La capacité de mesurer, d'analyser, de traiter, de comparer, de cartographier et de visualiser nos environnements naturels et bâtis constitue un outil puissant pour les travailleurs du secteur numérique vert.

### **Lumière sur une industrie numérique verte : services d'information et de conseil ESG**

Les principes environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) sont un concept qui aide les chefs d'entreprise, les investisseurs et le public à comprendre le rendement et la santé des entreprises d'une manière plus nuancée qu'en s'appuyant uniquement sur des paramètres financiers.<sup>73</sup> Le Corporate Finance Institute décrit l'ESG comme un « cadre » destiné à aider les organisations et leurs parties prenantes à « comprendre comment une organisation gère les risques et les possibilités liés aux critères environnementaux, sociaux et de gouvernance ».<sup>74</sup> Du point de vue de l'environnement ou de la durabilité, les facteurs ESG permettent d'évaluer les entreprises en tenant compte de critères tels que la consommation d'énergie, la gestion de la pollution et des déchets, les émissions de gaz à effet de serre, ainsi que l'utilisation des terres et la gestion des ressources naturelles.

Les consommateurs d'informations ESG, tels que les banques et les institutions financières, les organisations gouvernementales responsables de la réglementation et les investisseurs individuels,<sup>75</sup> se tournent vers les services d'information et de conseil ESG pour comprendre, étalonner et comparer le rendement des entreprises et de l'industrie dans les domaines environnemental, social et de gouvernance d'entreprise. Les paramètres ESG spécifiques, les méthodologies de mesure et les cadres de reddition de comptes varient selon les entreprises et les secteurs, mais ce qui est commun aux services de conseil et d'information ESG, c'est le nombre important de technologies numériques utilisées dans la collecte et la divulgation de données.

Ceux qui travaillent pour des sociétés d'information et de conseil ESG utilisent des concepts financiers et environnementaux parallèlement à des méthodes de science des données pour recueillir, gérer, analyser et transmettre à leur clientèle des ensembles de données ESG complexes et à jour.

Ces données sont recueillies à partir de diverses sources, notamment les rapports annuels des entreprises, les formulaires réglementaires, les rapports de tiers et d'autres informations accessibles au public, ainsi que des sources plus ésotériques, telles que l'imagerie satellitaire. Comme l'a déclaré un analyste interrogé dans le cadre de cette étude, « il existe beaucoup de points de données que nous extrayons

<sup>73</sup> Voir : BDC, « Que sont les facteurs ESG et que signifient-ils pour votre entreprise? », consulté le 28 février 2024, <https://www.bdc.ca/fr/articles-outils/developpement-durable/environnement/que-sont-facteurs-esg-et-signifient-ils-pour-entreprise>.

<sup>74</sup> Kyle Peterdy, « ESG », Corporate Finance Institute, consulté le 28 février 2024, <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/esg/esg-environmental-social-governance/>.

<sup>75</sup> Fabrizio Tocchini et Grazia Cafagna, « Who is looking at your ESG performance data? », Wolters Kluwer, 12 décembre 2022, <https://www.wolterskluwer.com/en/expert-insights/who-is-looking-at-your-esg-performance-data>.



de documents de l'entreprise et de ressources tierces ».

Les données recueillies sont évaluées par des scientifiques de données, figurent dans des analyses financières et sont appliquées à différents cadres ESG propriétaires et concepts de gestion des risques financiers, tels que la valeur à risque (VAR). Pour traiter ce déluge de données, les langages de programmation tels que JavaScript, Python et R sont couramment utilisés dans l'industrie, selon les personnes interrogées. Les entreprises travaillant dans le secteur des informations et des conseils ESG ont également commencé à employer des outils d'IA générative pour gérer, analyser et prédire des données ESG. Les informations ESG, les analyses et les modélisations prédictives qui en découlent sont transmises à la clientèle à l'aide de tableaux de bord personnalisés, de plateformes de renseignements courantes dans le secteur financier telles que Bloomberg Terminal, et de logiciels de veille stratégique tels que Microsoft Power BI.

Devant de nouveaux gouvernements qui se succèdent et des réglementations sur les rapports ESG dans des juridictions telles que le Canada et l'Union européenne, les entreprises d'information et de services de conseil ESG continueront sans aucun doute d'être recherchées. Par exemple, dans le cadre de sa directive sur la publication d'informations en matière de durabilité par les entreprises, l'Union européenne exige désormais que les entreprises divulguent « les risques et les possibilités découlant d'enjeux sociaux et environnementaux », ainsi que la manière dont leurs activités commerciales affectent « les personnes et l'environnement ». <sup>76</sup> Au Canada, de plus en plus de lignes directrices volontaires liées aux rapports ESG des entreprises, telles que la Taxonomie des investissements climatiques, deviennent des exigences établies par la loi canadienne. <sup>77</sup> Les changements dans les politiques publiques, en ce qui concerne les rapports ESG, signifient qu'une vague de talents numériques verts compétents en matière de collecte de données ESG, de reddition de comptes et de stratégie sera nécessaire pour assurer la conformité à la nouvelle législation.

## ACTIVITÉ 2 : CONCEPTION ET CONSTRUCTION

Depuis des millénaires, l'homme conçoit et construit des infrastructures telles que des maisons, des routes, des ponts et des communautés. Si cette activité n'est pas nouvelle, les pratiques modernes de conception et de construction diffèrent grandement de celles qui avaient cours il y a quelques décennies ou quelques siècles. Grâce à l'adoption d'outils industriels et technologiques, les processus de conception et de construction ont été considérablement améliorés, permettant à l'homme de modifier l'environnement bâti.

<sup>76</sup> Commission européenne (Union européenne), « Publication d'informations en matière de durabilité par les entreprises », [https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting\\_en?prefLang=fr&etrans=fr](https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en?prefLang=fr&etrans=fr).

<sup>77</sup> Noah Miller, « ESG Regulation in Canada, Corporate Finance Institute », consulté le 13 mars 2024, <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/esg/esg-regulation-in-canada/>.



Dans le passé, la durabilité environnementale n'était pas toujours une priorité dans les processus de conception et de construction. Une grande partie de l'environnement bâti au Canada aujourd'hui, en particulier dans les zones résidentielles, dépend fortement du pétrole et du gaz pour le chauffage résidentiel.<sup>78</sup> D'autres infrastructures peuvent être exemptes d'une isolation adéquate et de fenêtres et de toits modernes, ce qui entraîne des pertes d'énergie et une dépendance accrue au pétrole et au gaz pour la régulation de la température.<sup>79</sup> Par conséquent, l'environnement bâti émet 13 %, soit 88 mégatonnes (Mt), des émissions de gaz à effet de serre du Canada.<sup>80</sup> Une grande partie de ces émissions (78 %) provient de l'utilisation de combustibles fossiles, tels que le gaz naturel pour le chauffage de l'eau et de locaux.<sup>81</sup>

En outre, une grande partie de l'environnement bâti du Canada manque de résilience face au changement climatique. Selon les estimations de l'Institut climatique du Canada, 14 % des résidences canadiennes se trouvent dans des régions où les risques d'inondation sont élevés.<sup>82</sup> Comme le changement climatique accélère l'élévation du niveau de la mer et modifie les normes de précipitations (p. ex., augmentation des pluies), « les dommages causés par les inondations aux maisons et aux bâtiments partout au Canada pourraient être multipliés par cinq au cours des prochaines décennies et par dix d'ici la fin du siècle, ce qui coûterait jusqu'à 13,6 milliards de dollars par an ». <sup>83</sup> En outre, les infrastructures publiques, telles que les routes, les ponts, les aéroports, les réseaux électriques et les réseaux d'eau, manquent de résilience face au changement climatique. En raison de la hausse des températures, les systèmes de distribution d'électricité seront mis à rude épreuve, et les autoroutes et les routes seront plus susceptibles de fissurer et de se dégrader.<sup>84</sup>

Le secteur canadien du bâtiment doit se transformer pour atténuer le changement climatique et renforcer la résilience des infrastructures. Le Plan de réduction des émissions pour 2030 du Canada a pour objectif ambitieux de réduire les émissions directes des bâtiments résidentiels, commerciaux et institutionnels de 53 Mt d'ici 2030, soit une réduction de 37 % par rapport au niveau de 2005. Une réduction des émissions de GES de cette ampleur nécessitera des efforts concertés et intersectoriels en matière de décarbonisation, notamment l'électrification du chauffage de locaux et de l'eau et la modernisation des bâtiments actuels à l'aide de nouveaux matériaux et de technologies intelligentes qui favorisent

<sup>78</sup> Nichole Dusyk et Lasse Toft Christensen, « Why Canada's Energy Security Hinges on Renewables », Institut international du développement durable, octobre 2022, <https://www.iisd.org/system/files/2022-10/bottom-line-canada-energy-security.pdf>.

<sup>79</sup> Ted Kesik, Liam O'Brien et Aylin Ozkan, « Thermal Resilience Design Guide », Université de Toronto, mai 2019, [https://pbs.daniels.utoronto.ca/faculty/kesik\\_t/PBS/Kesik-Resources/Thermal-Resilience-Guide-v1.0-May2019.pdf](https://pbs.daniels.utoronto.ca/faculty/kesik_t/PBS/Kesik-Resources/Thermal-Resilience-Guide-v1.0-May2019.pdf).

<sup>80</sup> Ressources naturelles Canada, « Stratégie canadienne pour les bâtiments verts — Document de travail », juillet 2022, <https://ressources-naturelles.canada.ca/sites/nrcan/files/public-consultation/cgbs-discussion-paper-2023-08-03-fra.pdf>.

<sup>81</sup> Ressources naturelles Canada, « Base de données complète sur la consommation d'énergie », 2018, [https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/evolution/tableaux\\_complets/liste.cfm](https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/evolution/tableaux_complets/liste.cfm).

<sup>82</sup> Institut climatique du Canada, « Submergés : Les coûts des changements climatiques pour l'infrastructure au Canada », septembre 2021, <https://institutclimatique.ca/wp-content/uploads/2021/09/Infrastructure-FRENCH-report-Sept-28.pdf>.

<sup>83</sup> Ibid.

<sup>84</sup> Agence américaine de protection de l'environnement (gouvernement des États-Unis), « Climate Change in the United States: Benefits of Global Action », mars 2021, <https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-03/documents/cirareport.pdf>.



l'efficacité énergétique.<sup>85</sup> En outre, des solutions axées sur la nature, telles que des infrastructures vertes (p. ex., forêts urbaines, toits verts et surfaces perméables) et bleues (p. ex., zones humides aménagées et zones tampons des lignes de crue), seront nécessaires pour améliorer l'absorption et le drainage adéquat des eaux de pluie, réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain, renforcer la résilience face à l'érosion côtière et séquestrer le carbone.<sup>86</sup>

À mesure que l'environnement bâti s'efforce de réduire les émissions de GES et de s'adapter au changement climatique, une nouvelle vague de connaissances et de compétences numériques vertes s'annonce nécessaire (voir tableau 6). Les industries directement impliquées dans les activités de conception et de construction, telles que l'architecture et la conception, la construction et les métiers spécialisés, l'ingénierie (p. ex., civile, structurelle, électrique et industrielle), les services publics, ainsi que la planification et l'aménagement urbains, auront besoin de personnel qualifié possédant différents niveaux (débutant à avancé) de littératie numérique et de connaissances en matière de durabilité environnementale.

*Tableau 6: Activité 2 (conception et construction) — Domaines communs de connaissances et de compétences numériques vertes*

Compétences numériques vertes communes	Connaissance numériques vertes communes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programmation et codage</li> <li>• Littératie numérique</li> <li>• Analyse de données</li> <li>• Modélisation de l'information sur les bâtiments</li> <li>• Modélisation énergétique</li> <li>• Ingénierie</li> <li>• Gestion de projet</li> <li>• Machinerie</li> <li>• Dessin assisté par ordinateur</li> <li>• Technologies immersives (p. ex., réalité augmentée ou virtuelle)</li> <li>• Impression tridimensionnelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énergie renouvelable</li> <li>• Adaptation au changement climatique</li> <li>• Solutions axées sur la nature</li> <li>• Durabilité environnementale</li> <li>• Efficacité énergétique</li> <li>• Conformité réglementaire</li> <li>• Législation et réglementation environnementales</li> <li>• Codes du bâtiment</li> </ul>

Les personnes interrogées dans le cadre de cette étude ont fait remarquer que les compétences traditionnelles en matière de conception et de construction ne deviendront pas obsolètes; au contraire, des compétences numériques vertes supplémentaires s'y ajouteront. Les principaux postes du secteur numérique vert impliqués dans l'activité de conception et de construction sont énumérés dans le tableau 7 ci-dessous.

<sup>85</sup> Vancouver Economic commission et Building to Electrification Coalition, « BC Heat Pump Technology Attraction Strategy », novembre 2021, <https://vancouvereconomic.com/programs/bc-heat-pump-strategy/>; Ressources naturelles Canada, « Stratégie canadienne pour les bâtiments verts — Document de travail », juillet 2022.

<sup>86</sup> Nanco Dolman et Mily O'Donnell, « 5 lessons learned from blue-green infrastructure delivery », Institution of Civil Engineers, 6 juillet 2021, <https://www.ice.org.uk/news-and-insight/the-civil-engineer/july-2021/theory-and-practice-of-blue-green-infrastructure>.



Tableau 7 : Postes les plus associés à l'activité 2 — conception et construction

Poste numérique vert	Code O*NET SOC 2010
Dessinateur en architecture	17-3011.01
Ingénieur logiciel, logiciel de systèmes	15-1032.00
Électricien	47-2111.00
Travailleur spécialisé en installation, en entretien et en réparation	49-9098.00
Charpentier	47-3012.00
Ingénieur industriel	17-2112.00
Travailleur spécialisé dans l'isolation, les sols, les plafonds et les murs	47-2131.00
Architecte, à l'exception de l'architecte paysagiste et naval	17-1011.00
Inspecteur de la construction et des bâtiments	47-4011.00
Ingénieur électrique	17-2071.00
Mécanicien et installateur spécialisé dans le chauffage et la climatisation	49-9021.01
Opérateur de réacteurs nucléaires	51-8011.00
Opérateur de centrales électriques	51-8013.00
Urbaniste et planificateur régional	19-3051.00
Gestionnaire de la technologie et du développement de produits pour les biocarburants/le biodiesel	11-9041.01
Ingénieur énergétique	17-2199.03
Technicien en géothermie	49-9099.01
Gestionnaire de la production hydroélectrique	11-3051.06
Écologiste industriel	19-2041.03
Ingénieur en systèmes d'énergie solaire	17-2199.11
Spécialiste du développement durable	13-1199.05
Ingénieur en énergie éolienne	17-2199.10

Sources des données : Listes de professions O\*NET : Bases de données Green New and Emerging Occupations, Green Increased Demand Occupations et Green Enhanced Skills : <https://www.onetcenter.org/reports/Green.html>. Analyse du CTIC.

Les connaissances et compétences numériques vertes communes requises par les travailleurs dans l'activité 2 (conception et construction) sont décrites plus en détail dans les études de cas qui suivent. L'une d'entre elles porte sur le large éventail de compétences numériques vertes nécessaires pour rénover l'environnement bâti, tandis que l'autre aborde les compétences spécifiques requises pour la conception durable.



## De l'évaluation à la conception et à l'installation : compétences numériques vertes au service de la modernisation

Des rénovations à grande échelle sont nécessaires pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les émissions de gaz à effet de serre partout dans l'environnement bâti du Canada. Compte tenu de la demande croissante de rénovations de modernisation, le marché du travail de l'efficacité énergétique au Canada est susceptible de croître. En 2018, l'emploi en efficacité énergétique partout au Canada comptait 435 994 employés permanents, dont une grande partie dans le secteur de la construction (286 703 personnes, soit 66 % de l'emploi total).<sup>87</sup> Les principales tâches liées à la modernisation de l'environnement bâti sont les suivantes :

- Mise à jour ou pose d'isolation
- Scellement de l'infrastructure à l'aide d'un produit de calfeutrage ou d'un vaporisateur
- Passage à des appareils d'éclairage à faible consommation d'énergie
- Remplacement de fenêtres et de portes
- Mise à jour de systèmes de chauffage et de refroidissement
- Installation de systèmes de sous-comptage pour contrôler la consommation d'eau et d'électricité
- Remplacement de toits pour modifier la quantité d'énergie solaire absorbée ou réfléchie
- Ajout de fenêtres pour augmenter l'exposition à la lumière du soleil
- Mise à jour de systèmes de ventilation, comme l'installation de pompes à chaleur géothermiques<sup>88</sup>

Les tâches ci-dessus reposent sur des talents qui possèdent un mélange de compétences numériques, vertes et techniques traditionnelles ainsi que de savoir-faire dans des métiers spécialisés, en ingénierie et en construction. Certains travailleurs impliqués dans ce type de rénovation ont des compétences numériques vertes spécialisées qui jouent un rôle central dans le poste qu'ils occupent, tandis que d'autres ont des compétences numériques vertes généralisées qui s'ajoutent à leurs connaissances traditionnelles.

<sup>87</sup> Eco Canada, « Energy Efficiency Employment in Canada », 2019, <https://eco.ca/new-reports/energy-efficiency-canada/>.

<sup>88</sup> Ressources naturelles Canada, « Une utilisation plus intelligente de l'énergie au Canada : Rapport au Parlement en vertu de la Loi sur l'efficacité énergétique », 2019, [https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2020/rncan-nrcan/M141-25-2019-fra.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2020/rncan-nrcan/M141-25-2019-fra.pdf); voir aussi : Efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada, dernière mise à jour le 21 décembre 2023, [https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/10833?\\_gl=1\\*1xwt7ru\\*\\_ga\\*MTE1NDM2ODI3LjE2OTQwMTE4NjI.\\*\\_ga\\_C2N57Y7DX5\\*MTcxNTk1OTIwMi45LjAuMTcx-NTk1OTIwMi4wLjAuMAZ](https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/10833?_gl=1*1xwt7ru*_ga*MTE1NDM2ODI3LjE2OTQwMTE4NjI.*_ga_C2N57Y7DX5*MTcxNTk1OTIwMi45LjAuMTcx-NTk1OTIwMi4wLjAuMAZ).



Pour garantir des résultats optimaux, les rénovations doivent se baser sur des données. Cette démarche nécessite une évaluation approfondie pour comprendre l'état actuel de l'efficacité énergétique d'un bâtiment et cibler les possibilités de modernisation pour générer des économies d'énergie et de coûts à long terme. Les personnes impliquées dans l'évaluation des rénovations doivent faire preuve d'excellentes compétences numériques et connaissances en matière d'environnement. Dans certains cas, des personnes possédant la bonne combinaison de compétences spécialisées — notamment la collecte et l'analyse de données, la connaissance des réglementations environnementales et des codes du bâtiment, et la capacité à élaborer des plans et des procédures d'exploitation — peuvent diriger un processus d'évaluation et de conception des rénovations. Ces personnes, appelées « évaluateurs de rénovation », sont hautement qualifiées dans les domaines numériques et verts. Dans d'autres cas, les évaluations de modernisation peuvent être réalisées par un groupe de personnes, telles que des ingénieurs, des scientifiques de données et des professionnels de l'environnement, qui possèdent des compétences complémentaires en matière d'évaluation environnementale, d'analyse des données et de conception durable.

Une fois l'évaluation terminée, les processus de modélisation des données du bâtiment peuvent être exploités dans le processus de conception des travaux de modernisation. Il peut s'agir de la collecte de données sur l'environnement naturel, telles que l'exposition au soleil, au vent et aux intempéries, ainsi que l'angle d'ensoleillement, jumelées à des informations sur le bâtiment, afin de modéliser la rénovation la plus efficace. Certaines personnes travaillant dans l'architecture et l'ingénierie peuvent s'appuyer sur des compétences en science des données, en programmation de logiciels et en impression 3D pour modéliser la conception la plus durable. Comme l'a expliqué en détail une personne interrogée, la prise en compte de facteurs environnementaux et structurels dans le processus de conception est essentielle à la conception de maisons et d'améliorations de bâtiments efficaces. La modélisation des données du bâtiment est tout aussi utile pour les nouvelles constructions que pour les bâtiments en cours de modernisation. Une autre personne interrogée travaillant dans un organisme de soutien aux métiers spécialisés a fait remarquer que la modélisation de données du bâtiment peut contribuer à réduire le stress des travailleurs des métiers spécialisés : « La modélisation de bâtiments enlève une grande partie de la pression qui pèse sur les corps de métier... Si l'on commence par une ingénierie correcte des bâtiments, on supprime du travail en aval... Je pense qu'il y a là d'énormes possibilités. »

Après l'évaluation et la modélisation, les processus d'installation, de réparation et de construction visant la modernisation sont mis en œuvre. Ce processus repose en grande partie sur les connaissances et compétences pratiques des ouvriers qualifiés qui peuvent démolir et enlever des systèmes anciens, usés et inefficaces afin de les remplacer par de nouveaux systèmes et matériaux efficaces. Plus précisément, ces personnes sont responsables d'installer des technologies et des matériaux à haut rendement énergétique, tels que des éclairages efficaces, des isolants, des systèmes CVC, des équipements de chauffage et de refroidissement ENERGY STAR ou à haut rendement et/ou alimentés par des énergies renouvelables, des produits et des appareils économes en eau et d'autres matériaux de construction.<sup>89</sup>

<sup>89</sup> Eco Canada, « L'emploi lié à l'efficacité énergétique au Canada », 2019.



Rénover les bâtiments en les dotant d'équipements à haut rendement énergétique requiert des connaissances plus approfondies que les activités commerciales traditionnelles. Les employeurs ont donc du mal à recruter des candidats qualifiés pour effectuer de telles tâches.<sup>90</sup> Selon une enquête menée par ECO Canada auprès des employeurs, 85 % d'entre eux déclarent avoir des difficultés à embaucher des personnes capables d'installer des appareils ENERGY STAR; 91 % déclarent avoir des difficultés à embaucher des personnes capables d'installer des appareils ENERGY STAR et d'autres appareils à haut rendement énergétique; 82 % déclarent avoir des difficultés à embaucher des personnes capables d'installer des produits, des systèmes de contrôle et des services de CVC; et 81 % déclarent avoir des difficultés à embaucher des personnes qualifiées pour installer des produits et des appareils visant une réduction de la consommation d'eau. Les défis du marché du travail diffèrent selon les régions, certaines d'entre elles recherchant particulièrement certains ensembles de compétences. Les employeurs de l'économie propre de la Nouvelle-Écosse qui ont rencontré le CTIC lors d'une table ronde sur les compétences numériques vertes recherchées ont indiqué qu'il était particulièrement difficile de trouver des techniciens en CVC dans la province. Comme l'a fait remarquer un participant, « je pense qu'il n'y a qu'un seul technicien qualifié en CVC au Cap-Breton [en Nouvelle-Écosse] ».

Les personnes interrogées dans le cadre de cette étude ont également noté que les travailleurs de la construction et les ouvriers qualifiés qui s'engagent dans des rénovations de modernisation doivent être sensibilisés à la durabilité environnementale et au changement climatique. Ces travailleurs doivent comprendre la valeur ajoutée (p. ex., économies de coûts et d'énergie) des rénovations et l'importance plus large de la modernisation dans l'atténuation du changement climatique. En outre, il existe une demande croissante pour que les personnes occupant des métiers spécialisés comprennent les programmes de recyclage et y participent afin de favoriser l'élimination et la réutilisation correctes des métaux et autres matériaux utilisés dans le processus de rénovation de modernisation.

### **Compétences en matière de conception durable**

Les personnes impliquées dans la conception de nouvelles constructions doivent posséder des connaissances étendues et approfondies en matière de transition numérique verte. Les personnes travaillant dans le domaine de la conception durable doivent savoir comment utiliser des outils logiciels uniques et comprendre des aspects spécifiques de la science de l'environnement, des réglementations environnementales et des codes de construction tout en ayant les désignations professionnelles requises. S'appuyant sur les constatations de l'enquête du CTIC auprès d'employeurs dans des domaines numériques verts et sur les données tirées d'entretiens auprès d'informateurs clés, cette étude de cas met en évidence

<sup>90</sup> Eco Canada, « L'emploi lié à l'efficacité énergétique au Canada », 2019.



l'interdisciplinarité des travailleurs en conception durable.

Un sous-ensemble de ces employeurs interrogés par le CTIC a déclaré travailler dans le secteur des services de conception, de planification et d'ingénierie (n=20). On a demandé à ces employeurs de nommer les compétences logicielles, les connaissances et les compétences environnementales les plus importantes chez leurs employés actuels et futurs. Parmi ces compétences, les employeurs du secteur de la conception, de la planification et des services d'ingénierie ont cité les suivantes comme étant les plus importantes :

- Conception industrielle et logiciel de contrôle (60 %)
- Logiciel de traitement d'images, de graphiques et de conception (50 %)
- Compréhension de la législation et des accords environnementaux (45 %)
- Compréhension des tendances, des défis, des préoccupations et des solutions en matière d'environnement à l'échelle internationale (40 %)

Ces compétences logicielles ainsi que ces connaissances et compétences environnementales convergent pour créer des talents numériques verts capables de cartographier des compétences de conception qui respectent les réglementations environnementales et relèvent des défis en matière d'environnement. Les personnes interrogées dans le cadre de cette étude ont fait remarquer que les travailleurs œuvrant dans la conception durable ne sont pas des spécialistes d'un seul domaine. Ils doivent au contraire être bien outillés en matière de compétences numériques, de connaissances environnementales et de connaissances liées à l'architecture, de codes de construction et de processus de conception. La plupart des cabinets d'ingénierie et d'architecture exigent également que leurs employés travaillant dans le domaine de la conception durable soient titulaires de désignations ou de certifications professionnelles, telles que :

- La désignation « Leadership in Energy and Environmental Design » (LEED)<sup>91</sup>
- Les normes BCZ (bâtiment à carbone zéro) du Conseil du bâtiment durable du Canada<sup>92</sup>
- La certification TRUE (Total Resource Use and Efficiency)<sup>93</sup>
- La certification « Investor Ready Energy Efficiency » (IREE)<sup>94</sup>

<sup>91</sup> Voir : « Leading Green », consulté le 19 mars 2024, <https://leadinggreen.com/>.

<sup>92</sup> « Normes du bâtiment à carbone zéro : Une solution proprement canadienne », Conseil du bâtiment durable du Canada, consulté le 19 mars 2024, <https://www.cagbc.org/fr/notre-travail/certifications/normes-du-batiment-a-carbone-zero/>.

<sup>93</sup> « TRUE : Une certification pour la performance zéro déchet », Conseil du bâtiment durable du Canada, consulté le 19 mars 2024, <https://www.cagbc.org/fr/notre-travail/certifications/true/>.

<sup>94</sup> « Investor Ready Energy Efficiency », Conseil du bâtiment durable du Canada, consulté le 19 mars 2024, <https://www.cagbc.org/fr/notre-travail/certifications/investor-ready-energy-efficiency/>.



Parmi les certifications et désignations susmentionnées, la désignation LEED est peut-être l'exigence la plus répandue pour les professions de la conception durable au Canada aujourd'hui. Un quart des employeurs interrogés par le CTIC ont déclaré qu'il était important que leurs employés actuels et futurs possèdent la désignation LEED. Ce pourcentage est plus élevé chez les employeurs qui ont déclaré appartenir à l'économie numérique verte (27 %) que chez ceux qui ont déclaré appartenir uniquement à l'économie verte (19 %). Cette différence est probablement due à la nature numérique verte de la conception durable, qui tire profit des outils et des données numériques dans ses plans et décisions en matière de conception durable.

### ACTIVITÉ 3 : PRODUCTION ET FABRICATION

La course du Canada vers la carboneutralité s'est traduite par une demande croissante de ressources et de produits durables. Les consommateurs veulent des produits carboneutres ou recyclés, et les entreprises cherchent à réduire et/ou à éliminer leurs émissions de la portée 2 et 3.<sup>95</sup> À mesure que l'atténuation des changements climatiques devient une priorité pour la société, les entreprises et les gouvernements, la demande de produits qui soutiennent la transition vers une consommation carboneutre augmente. Cette demande comprend l'augmentation de la production d'énergie propre et renouvelable, de technologies propres, d'agroalimentaire durable, de véhicules électriques (VÉ), d'appareils et de systèmes à haut rendement énergétique et de biens de consommation durables. Cette situation entraîne des changements dans les opérations et sur le marché du travail dans les industries fortement impliquées dans la production et la fabrication, telles que l'agroalimentaire, la fabrication de pointe, les technologies biologiques et chimiques, l'énergie propre et renouvelable, et le minage.

De nombreuses industries impliquées dans la production et la fabrication sont en cours de numérisation, ce qui entraîne des gains d'efficacité et de durabilité. Il s'agit notamment d'intégrer et de tirer parti des technologies de l'industrie 4.0, telles que l'intelligence artificielle (IA), l'Internet des objets (IdO), les mégadonnées et l'apprentissage machine, dans les processus et flux opérationnels afin d'obtenir des résultats durables. Par conséquent, les ensembles de compétences requis pour la production et la fabrication évoluent pour être axées davantage sur les compétences numériques de niveau débutant à avancé (tableau 8). Dans un même temps, les personnes impliquées dans cette activité doivent tirer parti des principes de durabilité environnementale tels que l'efficacité des ressources et l'atténuation du changement climatique dans leur travail.

<sup>95</sup> « Building sustainability into operations », McKinsey & Company, 19 octobre 2022, <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/building-sustainability-into-operations>.



**Tableau 8 :** *Activité 3 (production et fabrication) — domaines de connaissances et de compétences numériques vertes communes.*

Compétences numériques vertes communes	Domaines de connaissances numériques verts communs
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robotique et automatisation</li> <li>• Optimisation de la modélisation énergétique</li> <li>• Analyse de données</li> <li>• Assainissement de l'environnement</li> <li>• Littératie numérique</li> <li>• Cybersécurité</li> <li>• Impression 3D</li> <li>• Programmation et codage</li> <li>• Infonuagique</li> <li>• Machinerie</li> <li>• Installation et entretien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Législation et réglementation environnementales</li> <li>• Durabilité environnementale</li> <li>• Gestion de ressources naturelles</li> <li>• Approvisionnement durable</li> <li>• Changement climatique et tendances mondiales en matière d'environnement</li> <li>• Atténuation du changement climatique</li> </ul>

Bien que les compétences numériques vertes diffèrent d'une industrie à l'autre, les ensembles de compétences caractérisés par les postes suivants intègrent de plus en plus les compétences numériques vertes et les domaines de connaissances décrits dans l'activité 3 (production et fabrication) du cadre de compétences du CTIC (tableau 9).

Tableau 9 : Postes les plus associés à l'activité 3 — production et fabrication

Poste numérique vert	Code O*NET SOC 2010
Technicien en agriculture de précision	17-2199.07
Ingénieur en robotique	13-2099.02
Technicien en robotique	17-2199.08
Ingénieur en validation	17-2199.02
Ingénieur en biochimie	17-2199.01
Technologue en ingénierie électromécanique	17-3029.03
Technologue en ingénierie électronique	17-3029.03
Technologue en ingénierie de fabrication	17-3029.06
Ingénieur de fabrication	17-2199.04
Technicien de production manufacturière	17-3029.09
Technologue en ingénierie mécanique	17-3029.07
Ingénieur en mécatronique	17-2199.05
Travailleur spécialisé dans l'installation, l'entretien et la réparation	49-9098.00
Gestionnaire de production industrielle	11-3051.00
Ingénieur logiciel, logiciels de systèmes	15-1032.00
Opérateur de communication entre machines, métal et plastique	51-4011.00
Technicien agricole	19-4011.01

*Sources des données : Listes de professions O\*NET : Bases de données Green New and Emerging Occupations, Green Increased Demand Occupations et Green Enhanced Skills : <https://www.onetcenter.org/reports/Green.html>. Analyse du CTIC.*

L'une des études de cas détaille les compétences numériques vertes recherchées dans la fabrication de pointe, tandis que l'autre aborde le besoin croissant de compétences en électronique, en matériel et en robotique dans diverses industries impliquées dans la production et la fabrication.

### Lumière sur l'industrie de la fabrication de pointe

La fabrication de pointe fait appel à des technologies innovantes telles que les technologies de l'industrie 4.0 pour optimiser les méthodes et les processus de production.<sup>96</sup> L'intégration de technologies de l'industrie 4.0 dans la fabrication a permis d'avoir accès à davantage de données, de renseignements et de perspectives sur tous les aspects des processus de fabrication, y compris leurs impacts

<sup>96</sup> Christian Cavallo, « What is Advanced Manufacturing? », Thomas, 29 mai 2023, <https://www.thomasnet.com/articles/services/what-is-advanced-manufacturing/>.



environnementaux.<sup>97</sup> Cette situation a donné lieu à une nouvelle vague de fabricants qui tirent parti des technologies et des outils numériques pour prendre des décisions fondées sur des données et réaliser des gains d'efficacité qui améliorent la durabilité de l'entreprise (p. ex., réduction des coûts de production, amélioration de la qualité des produits et amélioration de l'agilité de l'entreprise) et la durabilité environnementale (p. ex., réduction des déchets, de la consommation et des émissions de gaz à effet de serre).<sup>98</sup>

Les aptitudes requises dans la fabrication de pointe durable comprennent les compétences liées aux logiciels, à la science et gestion de données, à l'ingénierie mécanique, ainsi que les compétences et connaissances en matière d'environnement.<sup>99</sup> Ces compétences sont utilisées à divers degrés dans les technologies clés de l'industrie 4.0 exploitées dans la fabrication de pointe, telles que les systèmes cyberphysiques, les mégadonnées et l'analytique, l'infonuagique, les systèmes de sécurité TI, les robots autonomes, la fabrication additive et les technologies immersives.<sup>100</sup>

Les systèmes cyberphysiques comprennent les capteurs, positionneurs et logiciels intelligents qui relient l'environnement virtuel à l'environnement physique. Tirer parti de ces systèmes nécessite du personnel qualifié disposant de compétences liées au matériel et aux logiciels, capable d'installer, d'entretenir et d'utiliser des technologies cyberphysiques au quotidien. Les mégadonnées et l'analytique sont ensuite utilisées pour interpréter les informations recueillies par les capteurs, les positionneurs et les logiciels intelligents. En complément, des compétences en infonuagique sont nécessaires pour s'assurer que les données sont correctement stockées et calculées. Les mégadonnées, l'analytique et l'infonuagique requièrent du personnel compétent en matière de stockage, le traitement et le calcul de données par le biais d'algorithmes, de programmation et de codage permettant une analyse en temps réel des informations recueillies tout au long d'un processus de fabrication. Ces informations peuvent être liées aux indicateurs de rendement clés entourant la durabilité environnementale, y compris la consommation d'eau et d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre, et/ou la toxicité environnementale. En jumelant les dispositifs de l'IdO à l'analyse de données, à la planification stratégique et, dans certains cas, aux technologies de simulation des processus, les entreprises de fabrication de pointe peuvent optimiser l'efficacité des ressources et leur durabilité.

<sup>97</sup> Francisco Betti, Enno de Boer et Yves Giraud, « Lighthouses unlock sustainability through 4IR technologies », McKinsey & Company, 27 septembre 2021, <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/lighthouses-unlock-sustainability-through-4ir-technologies>; « Building sustainability into operations », McKinsey & Company, 19 octobre 2022.

<sup>98</sup> Ibid.

<sup>99</sup> Elizabeth Moore et coll., « Preparing the Advanced Manufacturing Workforce: A Study of Occupation and Skills Demand in the Advanced Robotics Industry », Massachusetts Institute of Technology, août 2021, <https://cam.masstech.org/sites/default/files/2022-06/Robotics-Roadmap-Report-Nov2021.pdf>.

<sup>100</sup> Florian Ernst et Patrick Frische, « Industry 4.0/Industrial Internet of Things - Related Technologies and Requirements for a Successful Digital Transformation: An Investigation of Manufacturing Businesses Worldwide », Department of Strategy & Organisation, University of Strathclyde, 2015, [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2698137](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2698137).



Outre les dispositifs de l'IdO, la fabrication additive s'appuie sur des technologies appliquées qui aident à construire des processus de fabrication plus efficaces et plus précis. L'automatisation et la robotique sont de plus en plus utilisées dans les processus de fabrication, tandis que la fabrication additive, ou impression 3D, est de plus en plus employée pour produire des prototypes rapides et joue parfois un rôle dans la production de masse.<sup>101</sup> L'automatisation, la robotique et l'impression 3D font croître la demande d'ingénieurs mécaniques, de machinistes et de techniciens d'entretien possédant d'excellentes compétences liées au matériel, à l'électronique et à la robotique.<sup>102</sup> En outre, les technologies immersives, telles que la réalité augmentée (RA), peuvent être utilisées dans le processus de fabrication pour améliorer la précision des travailleurs. Cette utilisation joue un rôle particulièrement important dans les processus de fabrication qu'il est impossible d'automatiser, tels que la fabrication aérospatiale, qui se fait principalement à la main; ainsi, le recours à des technologies immersives peut réduire les erreurs humaines, accroître la sécurité et augmenter l'efficacité.<sup>103</sup>

En outre, les systèmes de sécurité TI sous-tendent les technologies de l'industrie 4.0 dans l'ensemble du processus de fabrication de pointe. Ces systèmes de sécurité TI appuient le fonctionnement optimal des logiciels et des dispositifs numériques tout en agissant comme protection contre les risques dans la cybersécurité. Les processus de fabrication devenant de plus en plus numériques par nature, il sera essentiel de pouvoir compter sur une main-d'œuvre capable de comprendre et de réguler les rouages complexes des réseaux TI et de les protéger. Les compétences et spécialisations clés en matière de cybersécurité sont l'administration des réseaux, l'analyse générale de la cybersécurité, la réaction en cas d'incident et la criminalistique numérique.<sup>104</sup>

### **Compétences recherchées en lien avec l'électronique, le matériel et la robotique pour la production et la fabrication**

Le CTIC a mené une enquête auprès d'employeurs de l'économie numérique (n=163) et d'employeurs de l'économie numérique verte (n=86) au sujet de leurs exigences en matière de compétences.<sup>105</sup> Dans cette enquête, le CTIC a demandé aux employeurs de se prononcer sur l'importance de compétences spécifiques liées à l'électronique, à la robotique et au matériel pour les employés actuels et

<sup>101</sup> Chris Herron, Maryna Ivus et Akshay Kotak, « Appuyez sur Imprimer : l'écosystème de la fabrication additive du Canada », CTIC, mai 2021, <https://ictc-ctic.ca/fr/rapports/appuyez-sur-imprimer>.

<sup>102</sup> Elizabeth Moore, Frank Field, Richard Roth et Randolph Kirchain, « Preparing the La fabrication de pointe Workforce: A Study of Occupation and Skills Demand in the Advanced Robotics Industry », Massachusetts Institute of Technology, août 2021, <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/143869/Robotics%20Roadmap%20Report%20Nov%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>; « Role of 3D Printing in Manufacturing Industry », Zeal 3D, 8 novembre 2022, <https://www.zeal3dprinting.com.au/how-3d-printing-is-changing-the-manufacturing-industry/>.

<sup>103</sup> « How to Adopt Augmented Reality for Quality Control In Aerospace Manufacturing », LightGuide Systems, 20 juin 2022, <https://www.lightguidesys.com/resource-center/blog/how-to-adopt-augmented-reality-for-quality-control-in-aerospace-manufacturing/>; « How Lockheed Martin is Using Augmented Reality in Aerospace Manufacturing », engineering.com, 13 août 2019, <https://www.engineering.com/story/how-lockheed-martin-is-using-augmented-reality-in-aerospace-manufacturing>; « How Augmented Reality Can Modernize Aerospace And Defense Manufacturing », SAE International, 1er décembre 2019, <https://www.mobilityengineeringtech.com/component/content/article/35685-how-augmented-reality-can-modernize-aerospace-and-defense-manufacturing>.

<sup>104</sup> Chris Herron et Trevor Quan, « Développement des talents en cybersécurité : protéger l'économie numérique du Canada », CTIC, mars 2022, <https://ictc-ctic.ca/fr/rapports/developpement-des-talents-en-cybersecurite>.

<sup>105</sup> Voir l'annexe pour les méthodes de recherche primaire.



futurs (figure 6). Environ 80 % de ces employeurs ont indiqué que les compétences liées à l'électronique, à la robotique et au matériel ne s'appliquaient pas à leur entreprise. Cette constatation n'est pas surprenante, car la plupart des entreprises du secteur des technologies de l'information et des communications (TIC) au Canada (91,6 %) exercent leurs activités dans le sous-secteur des logiciels et des services informatiques et priorisent les compétences liées aux logiciels plutôt qu'au matériel.<sup>106</sup>

Toutefois, certaines industries numériques vertes cherchent davantage les compétences liées à l'électronique, à la robotique et au matériel. Les répondants à l'enquête qui ont indiqué que ces compétences étaient importantes se sont autosélectionnés dans les secteurs suivants : ressources naturelles (p. ex., agriculture, foresterie, pêche et minage), fabrication industrielle technologies propres (p. ex., stockage de l'énergie, réseau intelligent, technologie de l'agriculture de précision et technologie des transports écologiques), lesquels font tous partie de la production et de la fabrication.

Parmi les employeurs qui ont indiqué rechercher des compétences en électronique, en matériel informatique et en robotique, environ un quart (26 % des employeurs de l'économie numérique et 22 % des employeurs de l'économie numérique verte) accordaient de l'importance aux employés qui pouvaient « installer ou programmer du matériel informatique, de la machinerie ou des logiciels d'instrumentation ». De même, les employeurs accordaient de l'importance aux employés capables « d'inspecter, d'entretenir et de réparer des composantes, des équipements ou des systèmes électriques, électroniques ou mécaniques afin d'en assurer le bon fonctionnement », 20 % des répondants de l'économie numérique et 24 % de ceux de l'économie numérique verte soulignant l'importance de ces capacités. En outre, les employeurs ont fait état d'une demande pour des employés capables d'« interpréter des plans détaillés, des schémas ou des commandes d'ingénierie technique pour l'assemblage de matériel électronique », 12 % des employeurs de l'économie numérique et 30 % des employeurs de l'économie numérique verte ayant indiqué que ces compétences étaient recherchées. Voir la figure 5 pour en savoir davantage.

<sup>106</sup> « Aperçu du secteur des TIC en 2021 », Innovation, Sciences et Développement économique Canada, mis à jour le 17 août 2022, <https://ised-isde.canada.ca/site/technologies-numeriques-tic/fr/profil-secteur-canadien-tic>.



## En ce qui concerne les besoins de votre organisation en matière de compétences, lesquelles des compétences suivantes liées à l'électronique, à la robotique et au matériel sont importantes pour les employés actuels et futurs?

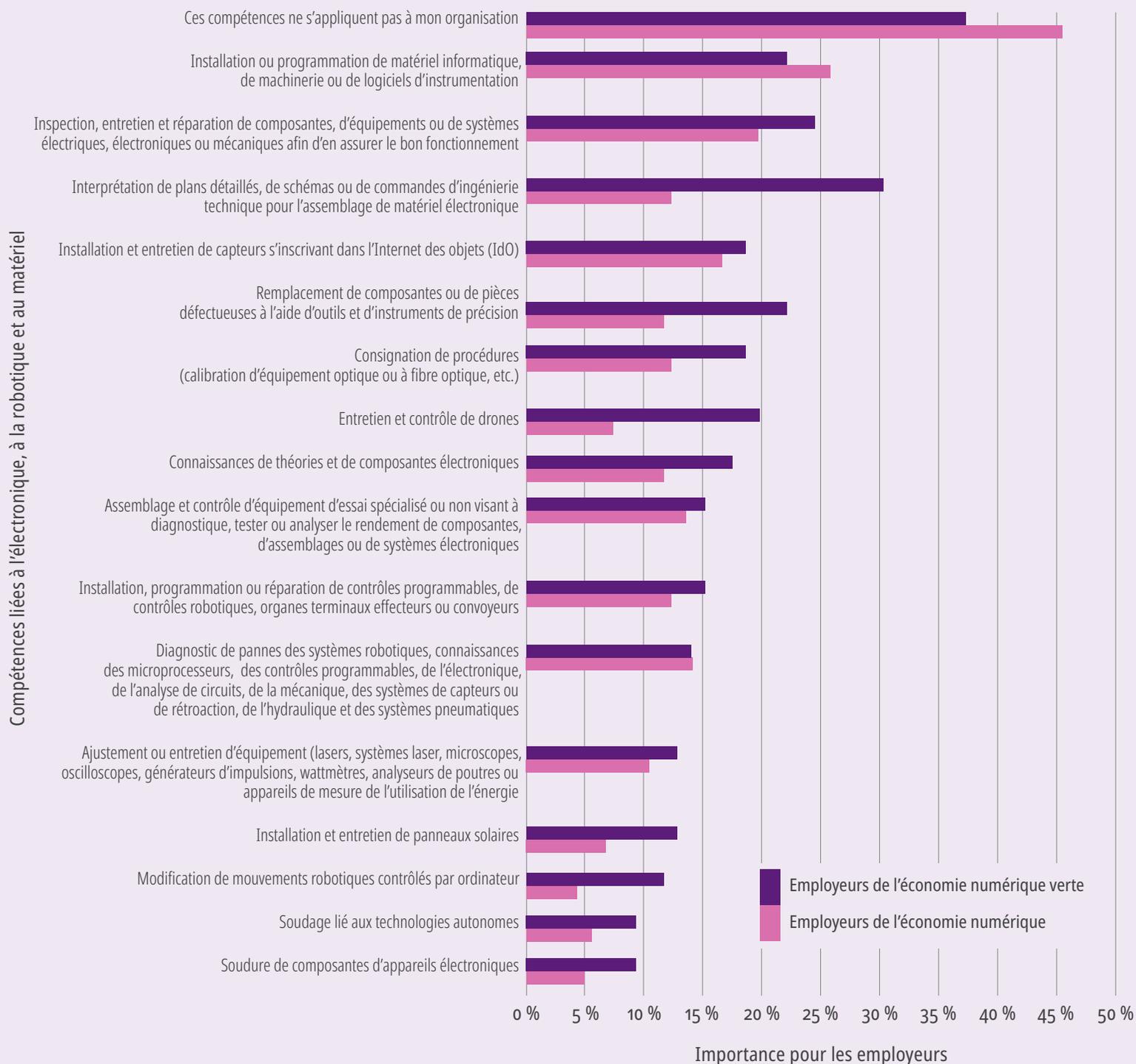


Figure 5 : Importance des compétences liées à l'électronique, à la robotique et au matériel informatique pour les employeurs canadiens de l'économie numérique (n=163) et pour les employeurs de l'économie numérique verte (n=86). Au total, 249 employeurs ont répondu à cette question.



Ces compétences en matière d'électronique, de robotique et de matériel informatique sont appliquées différemment selon le secteur d'activité. Dans le secteur de l'agriculture, un ingénieur ou un technicien agricole peut devoir installer des capteurs permettant de surveiller la santé et la nutrition des animaux ou programmer des technologies d'agriculture de précision pour éliminer les pulvérisations de pesticides et d'herbicides dans les régions bordées par des cours d'eau afin de réduire la contamination des écosystèmes d'eau douce environnants. Dans le secteur de l'énergie, les personnes exerçant un métier spécialisé peuvent utiliser des compétences liées au matériel, à la robotique et à l'électronique pour s'assurer que les centrales nucléaires et/ou bioénergétiques fonctionnent de manière sûre et efficace. Quel que soit le secteur, les travailleurs de la production et de la fabrication ont besoin d'un excellent savoir-faire technique pour installer, surveiller et entretenir les technologies qui permettent de réaliser des gains en matière de durabilité environnementale.

#### ACTIVITÉ 4 : GESTION, RÉGLEMENTATION ET COMPTABILITÉ

On ne saurait trop insister sur l'importance de la gestion aujourd'hui. Qu'il s'agisse de coordonner les ressources naturelles et humaines, de gérer les activités économiques concernant l'environnement ou de tirer profit de talents et de compétences pour atteindre des objectifs clés, la gestion est capitale et se présente sous de multiples formes. Le fonctionnement des organisations et des systèmes repose sur la gestion, ce qui la rend indispensable. Dans le contexte environnemental, la gestion est la pierre angulaire autour de laquelle gravitent tous les autres éléments organisationnels. Son influence omniprésente façonne la manière dont les organisations abordent, comprennent et gèrent les différents défis et possibilités qui s'offrent à elles. Une gestion efficace est une compétence cruciale pour guider les organisations vers la numérisation et leur permettre de s'adapter au paysage en constante évolution des compétences numériques vertes.

Les réglementations constituent des protections essentielles pour l'environnement contre la pollution et les dommages. Les lois et les cadres réglementaires jouent un rôle crucial dans la gestion efficace des ressources et la protection de l'environnement. Le Canada dispose de diverses réglementations, dont la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, pour protéger l'environnement de la pollution.<sup>107</sup> Les cadres réglementaires tels que les objectifs en matière d'énergie renouvelable et le cadre réglementaire proposé sur les émissions atmosphériques<sup>108</sup> offrent des indications essentielles aux entreprises et aux industries, guidant leurs pratiques vers des approches plus durables.

<sup>107</sup> « Loi canadienne sur la protection de l'environnement », Environnement et Changement climatique Canada, 8 février 2024, <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection.html>.

<sup>108</sup> « Cadre réglementaire sur les émissions atmosphériques », gouvernement du Canada, 2007, [https://www.ec.gc.ca/doc/media/m\\_124/report\\_fra.pdf](https://www.ec.gc.ca/doc/media/m_124/report_fra.pdf).



La responsabilisation en matière de gaz à effet de serre, également appelée comptabilité carbone, consiste à mesurer les émissions totales de gaz à effet de serre produites et rejetées dans l'atmosphère par les entreprises.<sup>109</sup> Elle permet aux entreprises d'échanger équitablement des crédits de carbone sur le marché et de se renseigner sur les sources principales de leurs émissions. Elle permet également de quantifier les GES générés et de leur attribuer une valeur pour un commerce équitable sur le marché du carbone.<sup>110</sup> Cette mesure favorise la transparence auprès des investisseurs, des employés et des clients, tout en permettant aux personnes ou aux entreprises responsables des émissions d'adopter de meilleures habitudes visant à réduire les émissions.

Les participants à la recherche primaire ont souligné le rôle essentiel des activités de gestion, de réglementation et de comptabilité dans l'élaboration d'un avenir numérique vert. Certaines personnes interrogées ont estimé qu'en l'absence de pratiques de gestion et de cadres réglementaires efficaces, le potentiel des technologies numériques en faveur de la durabilité pourrait ne pas être exploité. D'autres ont mis l'accent sur la nécessité d'adopter des approches de gestion proactives pour favoriser l'innovation et le changement organisationnel vers des pratiques durables.

L'activité 4 englobe les compétences, les emplois et les secteurs de l'économie numérique verte qui se consacrent principalement à la gestion ou à la réglementation des activités économiques durables et des interactions avec l'environnement naturel. Cette activité comprend tous les secteurs impliqués dans la supervision, la réglementation et la comptabilité des activités humaines et économiques qui ont un impact sur l'environnement naturel. Les compétences numériques vertes qui s'inscrivent généralement dans l'activité 4 comprennent les compétences en gestion environnementale, la gestion des risques et des parties prenantes, la gestion de projet, la cybersécurité et les connaissances en matière de gouvernance numérique, d'éthique numérique et de réglementation environnementale (tableau 10). Les ensembles de connaissances et de compétences spécialisées nécessaires à la gestion, à la réglementation et à la comptabilité sont présentés ci-dessous.

<sup>109</sup> Michael Gillenwater, « Examining the impact of GHG accounting principles », Carbon Management, vol. 13, octobre 2022, 550-553, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17583004.2022.2135238>.

<sup>110</sup> Ibid.



Tableau 10 : Activité 4 (gestion, réglementation et comptabilité) — Connaissances et compétences numériques vertes communes

Compétences numériques vertes communes	Domaines de connaissances numériques verts communs
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestion de l'environnement</li> <li>• Analyse et élaboration de politiques</li> <li>• Analyse de données</li> <li>• Comptabilisation de GES/de l'environnement</li> <li>• Gestion des émissions de GES</li> <li>• Gestion de projet</li> <li>• Gestion des risques</li> <li>• Gestion du changement</li> <li>• Gestion des ressources humaines</li> <li>• Gestion des ressources naturelles</li> <li>• Gestion des parties prenantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gouvernance numérique</li> <li>• Science de l'environnement</li> <li>• Conformité réglementaire</li> <li>• Gouvernance et gestion des données</li> <li>• Réglementation, législation et politiques en matière d'environnement</li> <li>• Éthique numérique</li> <li>• Gestion et surveillance de l'environnement</li> <li>• Changement climatique</li> <li>• Conservation de l'environnement</li> <li>• Durabilité</li> <li>• Cybersécurité</li> <li>• Réglementation sur la protection de la vie privée</li> </ul>

Couramment citée comme étant recherchée par les employeurs interrogés, la capacité à comprendre et à respecter les réglementations environnementales et numériques est essentielle, en particulier pour les personnes directement impliquées dans les activités de gestion, de réglementation et de comptabilité. Cette capacité demande notamment de comprendre les paysages réglementaires complexes liés aux normes environnementales, aux lois sur la protection des données et aux réglementations spécifiques à l'industrie, ce qui est essentiel pour les professionnels de la gestion de l'environnement et de la gouvernance numérique.

La compréhension de la législation et de la réglementation environnementales est de plus en plus importante dans tous les secteurs d'activité et dans l'économie numérique verte. « Comprendre, appliquer et respecter les réglementations et les normes environnementales et communiquer les normes aux travailleurs de l'industrie » est l'un des ensembles de compétences environnementales les plus importants choisis par les employeurs interrogés dans le cadre de cette étude, 33 % des employeurs de l'économie verte et 38 % des employeurs de l'économie numérique verte ayant mentionné cette aptitude comme étant importante (voir la figure 8 ci-dessous). De même, 38 % des employeurs de l'économie verte et 37 % des employeurs de l'économie numérique verte ont indiqué qu'une compréhension de la « législation et des accords environnementaux » est importante pour les employés actuels et futurs (voir la figure 7 ci-dessous). Les connaissances et compétences liées à la législation et à la réglementation environnementales sont nécessaires pour garantir que les opérations des secteurs public et privé

respectent les politiques gouvernementales, les normes sectorielles et les cadres réglementaires en vigueur. Ces pratiques sont nécessaires pour favoriser un secteur commercial bien réglementé qui soutient la durabilité écologique et socioéconomique.

De manière générale, les ensembles de compétences en matière de gestion de l'environnement, de conformité réglementaire et de gestion des risques vont de pair. La gestion de l'environnement comprend la gestion durable des ressources, telles que l'énergie, l'eau, les minéraux et les éléments, la flore et la faune. La gestion durable de ces ressources nécessite une connaissance approfondie des réglementations, de la législation, des normes et des pratiques exemplaires en matière d'environnement. Parallèlement, la gestion des ressources repose sur une connaissance approfondie des risques environnementaux tels que les changements d'utilisation des sols, la contamination aquatique et terrestre, les émissions de gaz à effet de serre et la perte de biodiversité. Les professionnels de la gestion de l'environnement doivent avoir une connaissance approfondie des sciences de l'environnement, des systèmes écologiques, des contaminants de l'environnement et des techniques d'assainissement. La spécificité de ces connaissances diffère en fonction de l'industrie ou de l'organisation dans laquelle la gestion de l'environnement est effectuée.

Les entreprises ont de plus en plus besoin de travailleurs capables d'effectuer la comptabilité des émissions de gaz à effet de serre afin de suivre et de rapporter les progrès réalisés en matière de réduction des émissions. Une personne interrogée dans le cadre de cette étude a fait remarquer que la comptabilité des émissions de gaz à effet de serre exige des compétences similaires à celles d'un analyste financier ou d'un comptable qui seraient jumelées à une connaissance approfondie des gaz à effet de serre, du changement climatique, et de l'atténuation des effets de celui-ci. La comptabilité des gaz à effet de serre implique l'analyse, la gestion et l'interprétation de vastes ensembles de données. Souvent, les personnes impliquées dans ce type de comptabilité doivent également posséder des compétences en informatique afin de tirer profit des logiciels de comptabilisation des émissions. Microsoft Cloud, par exemple, dispose d'un tableau de bord de l'impact des émissions pour Azure et Office 365, qui vérifie la comptabilité des gaz à effet de serre issus des opérations numériques (c'est-à-dire les émissions découlant d'activités numériques telles que l'utilisation d'appareils numériques ou le stockage de données dans le nuage).<sup>111</sup> De même, le Microsoft Sustainability Manager est un outil pouvant être employé dans la gestion et la comptabilité des entreprises en matière d'émissions de GES et dans d'autres paramètres de durabilité environnementale, tels que la consommation d'énergie et l'intensité carbone par dollar de recettes.<sup>112</sup>

<sup>111</sup> « Tableau de bord de l'impact des émissions de carbone », Microsoft, 2024, <https://www.microsoft.com/fr-ca/sustainability/emissions-impact-dashboard>.

<sup>112</sup> « Microsoft Sustainability Manager », Microsoft, 2024, <https://www.microsoft.com/fr-ca/sustainability/microsoft-sustainability-manager>.



La gestion, la réglementation et la comptabilité reposent également sur des connaissances en matière de gouvernance numérique, qui permettent notamment de comprendre les principes, les pratiques et les cadres régissant les technologies numériques et leur intégration dans les initiatives écologiques. Parmi les tâches pertinentes à ce domaine se trouvent la supervision de l'infrastructure numérique, des systèmes de gestion des données et des processus de décision. La connaissance des réglementations en matière de protection de la vie privée est également cruciale dans la protection des droits à la vie privée et le maintien de la confiance dans les plateformes numériques. De telles connaissances permettent notamment de comprendre les lois et règlements relatifs à la protection de la vie privée, tels que le Règlement général sur la protection des données (RGPD) et la *Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques* (LPRPDE), qui régissent la manière dont les organisations peuvent collecter, utiliser et divulguer des informations personnelles dans différentes juridictions. La maîtrise de la gouvernance et de la gestion des données nécessite de gérer et de protéger les actifs de données numériques, notamment en garantissant l'intégrité, la confidentialité et la sécurité des données. Les compétences en matière de cybersécurité y sont liées, y compris les pratiques exemplaires pour protéger les actifs et l'infrastructure numériques contre les accès non autorisés, les violations de données et les cyberattaques.

En outre, les compétences en matière de gestion de projet sont essentielles pour la planification, l'exécution et le suivi de projets dans l'économie numérique verte. Les compétences en gestion de projet garantissent une affectation efficace des ressources, un respect des délais prévus et une collaboration efficiente entre les parties prenantes du domaine numérique vert. Les participants à la recherche ont noté que les gestionnaires de projet doivent posséder des compétences pluridisciplinaires, y compris des connaissances propres au numérique, à l'environnement et au domaine, des aptitudes interpersonnelles et des compétences en gestion. Compte tenu de la nature générale du travail des gestionnaires de projet, les employeurs de l'économie numérique verte rapportent des difficultés à trouver des gestionnaires de projet compétents. Des conclusions similaires ont été présentées dans la récente étude du CTIC, *Énergie propre et voies vers le carboneutralité : Emplois et compétences pour les dirigeantes/futurs dirigeants*.<sup>113</sup>

Sur la base des données sur les emplois verts fournies par O\*NET et complétées par les informations recueillies lors de l'enquête du CTIC auprès des employeurs de l'économie numérique verte et des entretiens auprès d'informateurs clés, les postes numériques verts couramment impliqués dans les activités de gestion, de réglementation et de comptabilité sont énumérés dans le tableau 11 ci-dessous.

<sup>113</sup> Allison Clark et Mairead Matthews, « L'énergie propre et les voies vers la carboneutralité : emplois et compétences pour les futures dirigeantes/futurs dirigeants », CTIC, avril 2023, <https://ictc-ctic.ca/fr/rapports/lenergie-propre-et-les-voies-vers-la-carboneutralite>.



Tableau 11 : Postes les plus associés à l'activité 4 — gestion, réglementation et comptabilité

Poste numérique vert	Code O*NET SOC 2010
Analyste du changement climatique	19-2041.01
Spécialiste de la gestion des risques	13-2099.03
Spécialiste du développement durable	13-2099.02
Auditeur énergétique	13-1199.05
Spécialiste des affaires réglementaires	13-1199.01
Gestionnaire des affaires réglementaires	13-1041.07
Gestionnaire général et des opérations	11-9199.01
Responsable du développement durable	11-1021.00
Investisseur	11-1011.03
Gestionnaire de la conformité	11-9199.02

Sources des données : Listes de professions O\*NET — Green New and Emerging Occupations, Green Increased Demand Occupations, and Green Enhanced Skills Databases, <https://www.onetcenter.org/reports/Green.html>. Analyse du CTIC.

La gestion de l'énergie est une forme spécifique de gestion fréquemment évoquée par les personnes interrogées et les participants aux tables rondes dans le cadre de cette étude. Cet ensemble de compétences est présenté plus en détail dans l'étude de cas qui suit.

### Gestion de l'énergie à l'ère numérique : des compétences numériques vertes recherchées

Produire et gérer l'énergie de manière durable est une priorité essentielle pour tous les pays, y compris le Canada. De plus en plus, les technologies numériques sont au cœur des systèmes énergétiques.<sup>114</sup> L'enquête menée par le CTIC auprès des employeurs a révélé que 34 % des employeurs de l'économie numérique et 23 % des employeurs de l'économie verte accordaient de l'importance à la compétence « mise en œuvre d'initiatives et de projets de gestion de l'énergie ».

L'intégration de solutions numériques dans les systèmes énergétiques accroît non seulement l'efficacité, mais présente également de nouveaux défis et possibilités en matière de gestion et de modélisation de l'énergie. Un des aspects abordés dans les entretiens du CTIC était l'intersection de la gestion dans la transition vers l'adoption d'outils et de réseaux énergétiques intelligents, facilitée par les progrès des dispositifs de l'IdO. Par exemple, les outils et réseaux énergétiques intelligents qui mettent automatiquement en œuvre des mesures d'économie d'énergie sont rendus

<sup>114</sup> Alexia Gonzalez Fanfalone, et Céline Caira, « The twin transitions: are digital technologies the key to a clean energy future? », Observatoire de la politique de l'IA de l'OCDE, 9 novembre 2022, <https://oecd.ai/en/wonk/twin-transitions>.



possibles par les progrès des dispositifs de l'IdO. Ces technologies permettent des mesures automatisées d'économie d'énergie, illustrées par la mise en œuvre de commandes intelligentes dans le secteur de la construction.

Selon les personnes interrogées dans le cadre de cette étude, « les commandes intelligentes représenteront un secteur important dans lequel des compétences numériques sont nécessaires ». Parmi les exemples de telles commandes se trouvent les thermostats intelligents, qui nécessitent une expertise en génie logiciel et électrique. L'interconnexion des maisons intelligentes avec le réseau électrique souligne davantage le besoin de maîtrise numérique, nécessitant l'intégration de divers outils numériques dans des solutions logicielles.

L'adoption de technologies numériques améliore l'efficacité énergétique et jette les bases de stratégies avancées de gestion de l'énergie. À mesure que le réseau devient plus intelligent, la demande de compétences numériques devrait bondir en raison du développement de plateformes numérisées pour le commerce de l'énergie et la gestion des fluctuations de la demande et de l'offre d'énergie. La gestion des réseaux à l'aide de systèmes logiciels complexes joue un rôle crucial dans l'obtention d'une production d'énergie optimale pendant les périodes de pointe et les périodes creuses. La gestion de l'énergie est essentiellement le point d'appui permettant une transition significative et durable vers la carboneutralité.

Par ailleurs, au milieu de la transformation numérique des systèmes énergétiques, la gestion des actifs de cybersécurité apparaît comme une préoccupation essentielle, en particulier sur le plan régional, où les réseaux intelligents sont vulnérables aux cyberattaques. À mesure que les actifs deviennent de plus en plus numérisés, les opérations du réseau sont de plus en plus susceptibles de faire l'objet de cyberattaques, ce qui pourrait provoquer des pannes d'électricité généralisées. Les personnes interrogées dans le cadre de cette étude ont fait remarquer qu'on ne saurait trop insister sur la nécessité d'une excellente cybersécurité. Au-delà de la gestion de l'énergie, les réseaux électriques virtuels doivent être conçus de manière sécurisée.

La numérisation des systèmes énergétiques présente à la fois des défis à venir et des possibilités pour différents secteurs. D'une part, on constate une demande croissante de professionnels spécialisés en génie logiciel, en analyse des données et en cybersécurité pour soutenir le développement et l'entretien de l'infrastructure énergétique numérique. D'autre part, l'intégration de technologies numériques ouvre de nouvelles voies d'innovation et de collaboration, offrant des possibilités d'optimiser l'efficacité énergétique, de réduire les émissions de carbone et d'améliorer la résilience du réseau. En outre, elle souligne l'importance d'une gestion efficace pour atteindre les résultats souhaités dans la chaîne de valeur de la gestion de l'énergie.



## ACTIVITÉ 5 : TRANSPORT ET DURABILITÉ

À mesure que le Canada cherche à décarboniser son économie, le secteur des transports (traditionnellement un grand émetteur de gaz à effet de serre) change.<sup>115</sup> Dans un effort pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, une nouvelle vague de transports propres émerge, définie par l'électrification et les carburants alternatifs. Pour les véhicules personnels, le passage à des transports propres s'est appuyé sur des mesures incitatives fédérales, telles que le programme iVZE pour les véhicules légers, qui favorise l'adoption de véhicules personnels électriques.<sup>116</sup> En bref, le secteur des transports, y compris tous les véhicules et flottes des secteurs maritime, aérien et ferroviaire, s'efforce de réduire et/ou d'éliminer ses émissions de gaz à effet de serre. Les méthodes de décarbonisation varient selon les sous-secteurs du transport, qui sont chacun confrontés à des défis complexes.<sup>117</sup>

La décarbonisation du secteur des transports repose en grande partie sur l'innovation et le développement de technologies propres, associés à une bonne compréhension des émissions de gaz à effet de serre et de l'atténuation du changement climatique. Le développement de ces technologies nécessite des connaissances multidisciplinaires. Il est donc impératif d'adopter une approche harmonisée et collaborative pour que le secteur des transports connaisse une transition réussie.

Le secteur des transports évolue, tout comme sa main-d'œuvre. Une émergence de travailleurs numériques verts dotés d'excellentes compétences en matière de logiciels, de matériel informatique, de durabilité environnementale et de connaissances du secteur des transports est nécessaire.<sup>118</sup> Ces compétences sont présentées dans l'activité 5 (transport et durabilité) du cadre de compétences numériques verts du CTIC (voir le tableau 12).

<sup>115</sup> Centre canadien d'information sur l'énergie, « Émissions de gaz à effet de serre — Rapport d'inventaire national (RIN) », gouvernement du Canada, 4 juillet 2023, <https://information-energie.canada.ca/fr/sujets/emissions-de-gaz-effet-de-serre-rapport-dinventaire-national-rin>.

<sup>116</sup> Pour un aperçu complet des mesures incitatives provinciales et fédérales pour les véhicules, voir : « Véhicules à zéro émission — Incitatifs », gouvernement du Canada, 22 février 2024, <https://www.canada.ca/fr/services/transport/vehicules-zero-emission/vehicules-zero-emission-incipatifs.html>.

<sup>117</sup> Fuels Institute, « The Easiest and Hardest Commercial Vehicles to Decarbonize », avril 2022, [https://www.transportationenergy.org/wp-content/uploads/2022/10/FI\\_Report\\_Med-Heavy-Duty\\_FINAL.pdf](https://www.transportationenergy.org/wp-content/uploads/2022/10/FI_Report_Med-Heavy-Duty_FINAL.pdf); Faissal Jelti, Amine Allouhi et Kheira Anissa Tabet Aoul, « Transition Paths towards a Sustainable Transportation System: A Literature Review », Sustainability, vol. 15, n° 21 (octobre 2023), <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/21/15457>.

<sup>118</sup> Transports Canada, « Plan d'adaptation aux changements climatiques de Transports Canada 2021-2022 à 2025-2026 », avril 2021, [https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2022/tc/T40-4-2021-fra.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/tc/T40-4-2021-fra.pdf).



**Tableau 12 :** Activité 5 (transport et durabilité) — Domaines communs de connaissances et de compétences numériques vertes

Compétences numériques vertes communes	Domaines de connaissances numériques verts communs
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programmation et codage</li> <li>• Littératie numérique</li> <li>• Analyse de données</li> <li>• Navigation et optimisation des itinéraires</li> <li>• Suivi de l'entretien du parc automobile</li> <li>• Stratégie de répartition de la flotte</li> <li>• Modélisation énergétique</li> <li>• Évaluations du cycle de vie</li> <li>• Gestion de projet</li> <li>• Conduite de machinerie lourde</li> <li>• IA générative</li> <li>• Technologies immersives (p. ex., réalité augmentée, réalité virtuelle)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urbanisme</li> <li>• Gestion des ports</li> <li>• Adaptation au changement climatique</li> <li>• Corridors commerciaux</li> <li>• Durabilité environnementale</li> <li>• Modélisation des systèmes énergétiques</li> <li>• Conformité réglementaire</li> <li>• Législation et réglementation environnementales</li> <li>• Gestion du trafic et des flottes</li> <li>• Gestion des actifs</li> <li>• Logistique et transport de marchandises</li> </ul>

L'activité 5 comprend les industries et emplois numériques verts dont l'axe principal est lié au transport, à la distribution, à la logistique et à la chaîne d'approvisionnement. Cette activité comprend toutes les industries et tous les secteurs dont l'objectif principal est le transport de marchandises, y compris la mobilité personnelle, tandis que les services comprennent toutes les entreprises impliquées dans la gestion, le suivi, l'analyse et l'entretien des moyens de transport. Les emplois numériques verts les plus associés à l'activité de transport et de durabilité sont détaillés dans le tableau 13 ci-dessous.

Tableau 13 : Postes les plus associés à l'activité 5 — transport et durabilité

Poste numérique vert	Code O*NET SOC 2010
Technologue en ingénierie électrique	17-3029.02
Technologue en ingénierie électromécanique	17-3029.03
Spécialiste du développement durable	13-1199.05
Planificateur des transports	19-3099.01
Ingénieur des transports	17-2051.01
Gestionnaire de la chaîne d'approvisionnement	11-9199.04
Technicien en télédétection	19-4099.03
Technologue en ingénierie mécanique	17-3029.07
Gestionnaire de la logistique	11-3071.03
Ingénieur en piles à combustible	17-2141.01
Ingénieur des véhicules automoteurs	17-2141.02
Ouvrier d'entretien et de réparation généraliste	49-9042.00
Gestionnaire des services d'ingénierie	11-9041.00
Urbaniste et planificateur régional	19-3051.00

Sources des données : Listes de professions O\*NET — Bases de données Green New and Emerging Occupations, Green Increased Demand Occupations et Green Enhanced Skills, <https://www.onetcenter.org/reports/Green.html>. Analyse du CTIC.

La numérisation de l'industrie du transport est la principale force de transformation facilitant la transition vers un transport propre. À mesure que les carburants alternatifs et les applications technologiques progressent, le jumeau numérique, les technologies infonuagiques et les réseaux 5G seront de plus en plus imbriqués dans les stratégies logistiques et de gestion de flotte.

Comme les technologies de jumeau numérique permettent d'intégrer des machines, des réseaux et des systèmes de contrôle, les ensembles de compétences des ingénieurs, des mécaniciens et des électriciens resteront essentiels pour l'industrie des transports propres. Les personnes interrogées ont souligné le besoin important d'étendre la « formation de pointe » tout en développant de nouvelles formations pour mieux comprendre et minimiser les risques associés aux carburants alternatifs et aux nouvelles technologies. Compte tenu de cette dynamique changeante, les personnes dotées d'une pensée systémique qui comprennent la relation entre les transports écologiques et les systèmes énergétiques seront essentielles à un avenir numérique vert.

Enfin, les personnes interrogées ont noté que les partenariats et la collaboration multisectorielle qui tirent parti des compétences spécialisées et des progrès des technologies propres seront essentiels à la décarbonisation du secteur des transports propres, car le secteur est naissant et évolue largement au même rythme que les réglementations environnementales.



## La transformation numérique du transport maritime

On estime qu'entre 70 et 80 % des biens utilisés chaque jour par les Canadiens sont transportés par bateau.<sup>119</sup> L'industrie du transport maritime est donc profondément liée au quotidien des Canadiens. Le secteur du transport maritime traverse une période d'énormes changements entre l'adoption de la technologie et la dynamique de la main-d'œuvre. Quand on sait que 43 % de la main-d'œuvre du transport maritime devrait prendre sa retraite au cours des dix prochaines années, il apparaît nécessaire d'embaucher 19 000 nouveaux travailleurs pour répondre à la demande prévue, ce qui représente 68 % de la main-d'œuvre actuelle.<sup>120</sup> Les besoins en compétences du secteur du transport maritime ont également changé, car la numérisation a un impact sur tous les domaines du transport maritime et de la logistique.<sup>121</sup>

À mesure que les ports évoluent (lieux de chargement et de déchargement se transformant en centres de services logistiques intermodaux riches en informations), l'importance d'une capture efficace des informations s'est accrue dans quatre acteurs clés : les navires, les cargaisons, les travailleurs et les ports.<sup>122</sup> Les possibilités les plus immédiates pour l'industrie maritime au sens large résident dans les dispositifs de données de l'IdO, la technologie de géolocalisation, l'IA et l'apprentissage machine, et les solutions infonuagiques.<sup>123</sup> Bien que des technologies telles que la chaîne de blocs, l'automatisation, la robotique et les jumeaux numériques soient très prometteuses, il est nécessaire de poursuivre le développement des technologies et du personnel pour tirer parti de ces technologies.<sup>124</sup>

Avec un nombre croissant de fonctions transférées des navires vers les centres de contrôle à terre, les professionnels maritimes ont besoin de mieux comprendre les défis et les problèmes auxquels sont confrontés les professionnels maritimes en mer. Les opérations sont de plus en plus intégrées par le biais d'opérations informatiques à bord des navires, tandis que les ingénieurs en services infonuagiques et les responsables du soutien à distance dotés de compétences avancées en matière d'analytique sont de plus en plus nécessaires.<sup>125</sup>

Une lacune croissante se profile entre les professionnels maritimes basés à terre et les professionnels de la mer, et davantage de compétences polyvalentes entre les professions sont nécessaires. Pour permettre une formation réaliste, il sera primordial de tirer parti de simulateurs qui utilisent la RV, la RA et les dispositifs de l'IdO pour former des opérations à haut risque et optimiser la performance en équipe pour les professionnels maritimes. Les personnes interrogées ont noté que ce besoin sera de plus en plus important pour l'entretien et les opérations associées

<sup>119</sup> Transports Canada, « Le ministre des Transports souligne la Journée internationale des gens de mer et annonce des ententes pour certifier au Canada les gens de mer étrangers (communiqué de presse) », gouvernement du Canada, 25 juin 2023, <https://www.canada.ca/fr/transports-canada/nouvelles/2023/06/le-ministre-des-transports-souligne-la-journee-internationale-des-gens-de-mer-et-annonce-des-ententes-pour-certifier-au-canada-les-gens-de-mer-etra.html>.

<sup>120</sup> Transport Canada, « Parlon-en : Pénuries de main-d'œuvre dans le secteur du transport maritime au Canada », 18 mai 2022, <https://tc.canada.ca/fr/services-generaux/consultations/parlons-penuries-main-oeuvre-dans-secteur-transport-maritime-canada>.

<sup>121</sup> Olli-Pekka Brunila, Vappu Kunnaala-Hyrkki, et Tommu Inkinen, « Hindrances in port digitalization? Identifying problems in adoption and implementation », *European Transport Research Review*, n° 62, 2021, <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-021-00523-0>.

<sup>122</sup> Ibid.

<sup>123</sup> Zeeshan Raza et coll., « Digital transformation of maritime logistics : Exploring trends in the liner shipping segment », *Computers in Industry*, février 2023, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103811>.

<sup>124</sup> Ibid.

<sup>125</sup> Arnfinn Oksavik, Hans Petter Hildre et Yushan Pan, « Future Skills and Competence Needs », *Skillsea*, 23 mars 2020, [https://www.skillsea.eu/images/Public\\_deliverables/D1.1.3%20Future%20Skills%20and%20competence%20needs\\_final%20version\(1\).pdf](https://www.skillsea.eu/images/Public_deliverables/D1.1.3%20Future%20Skills%20and%20competence%20needs_final%20version(1).pdf).



aux nouvelles technologies des navires à carburant alternatif, car l'industrie maritime vise à se décarboniser. En outre, la mise au point permanente de technologies entraînera des interactions difficiles entre des systèmes autonomes complexes et les professionnels de la mer, de sorte que l'accès à un apprentissage permanent imitant les opérations de la flotte sera essentiel pour l'absorption des technologies.

Les participants à la recherche primaire ont souligné le rôle essentiel des regroupements et des partenariats maritimes pour permettre des innovations qui répondent aux besoins maritimes. La numérisation de l'écosystème portuaire apporte une valeur tangible à tous les participants. Ainsi, une approche collaborative sera nécessaire dans le développement d'une plateforme commune qui partage des informations entre divers acteurs. Les personnes interrogées ont noté que la numérisation accrue d'actifs dans l'industrie du transport maritime nécessitera un excellent réseau de cybersécurité et davantage de personnes compétentes en matière de logiciels et d'outils d'analyse de la cybersécurité.

## COMPÉTENCES NUMÉRIQUES VERTES TRANSFÉRABLES

Le regroupement des compétences numériques vertes en activités clés permet de mettre en lumière la manière dont les compétences numériques et les compétences vertes se croisent et se complètent sur le marché du travail. S'il est important de comprendre les compétences numériques vertes les plus répandues et les domaines de connaissances les plus courants dans les activités clés, il est également important de comprendre quelles sont les compétences et les domaines de connaissances qui transcendent les activités, les secteurs d'activité, les tâches et les postes. Les connaissances et compétences qui transcendent les activités sont également dites transférables, car elles peuvent être appliquées dans divers postes et industries.

Après avoir synthétisé les données primaires et secondaires, le CTIC a levé le voile sur deux compétences numériques vertes transférables. Les compétences représentent une combinaison d'aptitudes, de domaines de connaissances et de capacités techniques et sont, par conséquent, de nature plus large.<sup>126</sup> Les compétences numériques vertes transférables mises en évidence dans le cadre de cette recherche comprennent (1) la compréhension du changement climatique et de la durabilité environnementale, et (2) l'analyse, la gestion et l'interprétation de données. La section qui suit présente ces compétences transférables tout en détaillant certaines des compétences non techniques transférables requises par les travailleurs numériques verts.

### Compétence transférable 1 : connaissance du changement climatique et de la durabilité environnementale

Il est important que tous les travailleurs numériques verts possèdent des connaissances générales sur le changement climatique et la durabilité environnementale. Comprendre le changement climatique, c'est être conscient des impacts anthropogéniques sur l'environnement, comme la façon dont les

<sup>126</sup> Sheila Fournier-Bonilla, « What's The Difference Between Skills and Competencies? », Nexford University, 17 mars 2024, <https://www.nexford.edu/insights/whats-the-difference-between-skills-and-competencies>.



activités humaines ont amplifié l'effet de serre et réchauffé la surface de la terre. En revanche, la compréhension de la durabilité environnementale est davantage axée sur les solutions et concerne les pratiques exemplaires permettant d'optimiser le bien-être environnemental sans compromettre le bien-être socioéconomique. La connaissance du changement climatique et de la durabilité environnementale sont complémentaires : il faut d'abord comprendre le changement climatique pour élaborer des solutions durables.

Les employeurs de l'économie verte et les employeurs de l'économie numérique verte interrogés dans le cadre de cette étude accordent une grande importance à la connaissance du changement climatique (figure 6). Plus précisément, près de la moitié des personnes interrogées accordaient de l'importance à la compréhension de l'« impact des activités humaines sur l'environnement », tandis que la moitié des employeurs de l'économie verte et un tiers des employeurs de l'économie numérique verte accordaient de l'importance à la compréhension des « préoccupations environnementales au sein de la population ». Parallèlement, 38 % des employeurs de l'économie verte et 31 % des employeurs de l'économie numérique verte accordaient de l'importance à des employés qui comprennent la « valeur de la protection, de la conservation et de la restauration des ressources naturelles et de la biodiversité ». Tous ces domaines de connaissances sont liés à la question plus générale du changement climatique. Sans cette compréhension de base, il est difficile pour les travailleurs de participer de manière significative à l'économie verte ou à l'économie numérique verte.

Sur le plan de la durabilité environnementale, les employeurs accordent une grande importance aux connaissances relatives à l'atténuation du changement climatique, à l'adaptation à ce changement et à la gestion de l'environnement. La moitié des employeurs de l'économie verte et 42 % des employeurs de l'économie numérique verte ont cité les « stratégies d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de celui-ci » comme étant importantes. Par ailleurs, 37 % des employeurs de l'économie verte et 34 % des employeurs du secteur numérique vert ont indiqué que les « systèmes de gestion de l'environnement » étaient importants. Un domaine de connaissances lié à la fois à la sensibilisation au changement climatique et aux solutions de durabilité environnementale est la compréhension des « tendances, défis, préoccupations et solutions en matière d'environnement dans le monde », qui a été jugée importante par 27 % des employeurs de l'économie verte et 41 % des employeurs du secteur numérique vert (figure 6).



## En ce qui a trait aux besoins de votre organisation en matière de compétences, quels sont les domaines de connaissances environnementales suivants qu'il est important que les employés actuels et/ou futurs possèdent?

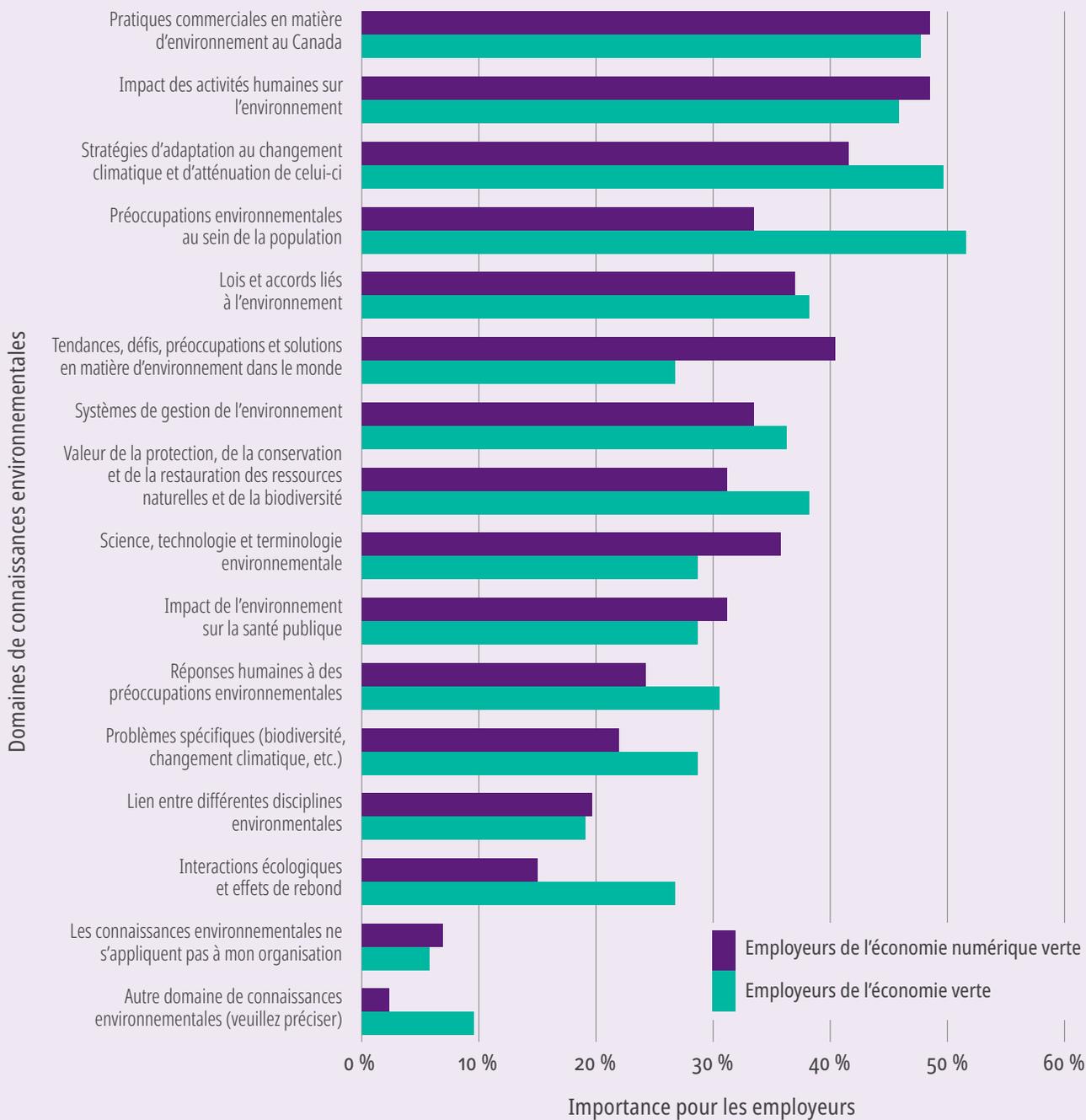


Figure 6 : Importance des domaines de connaissances environnementales pour les employeurs canadiens de l'économie verte (n=52) et pour les employeurs de l'économie numérique verte (n=86). Au total, 138 employeurs ont répondu à cette question.

Outre les domaines de connaissances environnementales, les employeurs interrogés ont été invités à se prononcer sur l'importance des compétences environnementales (figure 7). Les résultats de cette question ont donné des perspectives sur certaines des compétences en matière de durabilité environnementale requises par les employeurs de l'économie verte et de l'économie numérique verte. Les cinq compétences les plus importantes en matière de durabilité environnementale rapportées par les employeurs interrogés (tant de l'économie verte que de l'économie numérique verte) sont les suivantes :

- Développer et instaurer des programmes et des indicateurs de développement durable (34 %)
- Mettre en œuvre des initiatives et des projets entourant les énergies renouvelables (34 %)
- Déployer des programmes de sensibilisation/d'éducation et présenter des informations sur des questions environnementales (33 %)
- Mettre en œuvre des initiatives et des projets entourant la gestion de l'énergie (30 %)
- Mettre en œuvre et contrôler des programmes de gestion des déchets (31 %)

Toutes les compétences susmentionnées sont des applications spécifiques de connaissances en matière de durabilité environnementale. Ces compétences peuvent contribuer à réduire la pollution, les déchets et les émissions de gaz à effet de serre, ainsi qu'à atténuer le changement climatique. Elles ne sont pas nécessairement transférables, mais les connaissances communes qui les sous-tendent sont une compréhension du changement climatique et de la durabilité environnementale, ce qui souligne la nature transférable de cette compétence.



## En ce qui concerne les besoins de votre organisation en matière de compétences, quelles sont, parmi les principales compétences environnementales suivantes, celles qu'il est important que les employés actuels et futurs possèdent?

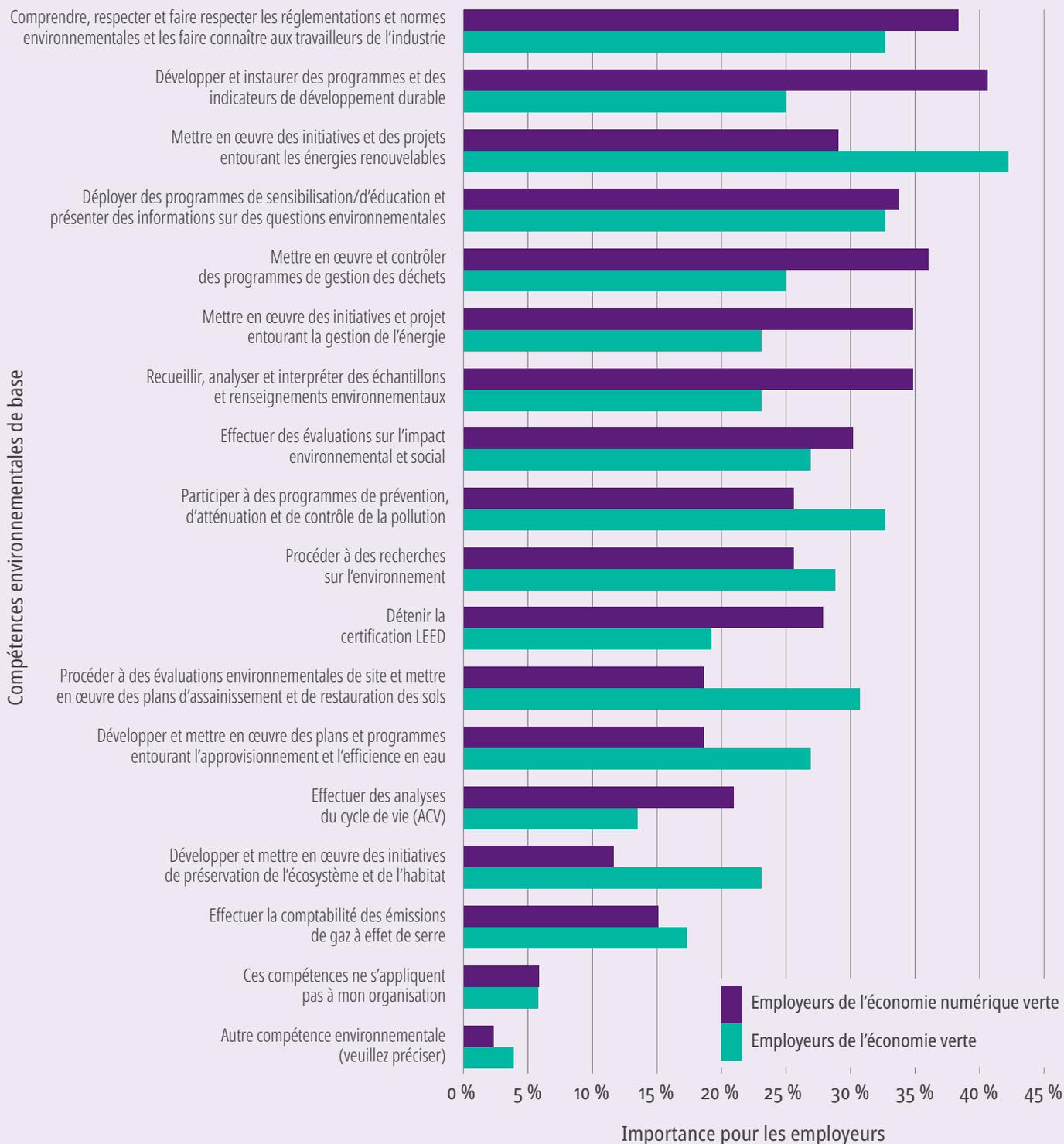


Figure 7 : Importance des principales compétences environnementales pour les employeurs canadiens qui œuvrent dans l'économie verte (n=52) et pour les employeurs de l'économie numérique verte (n=86). Au total, 138 employeurs ont répondu à cette question.



Les personnes interrogées dans le cadre de cette étude ont également souligné à quel point il est important que tous les travailleurs de l'économie numérique verte détiennent une compréhension de base du changement climatique et des pratiques exemplaires en matière de durabilité environnementale. Une personne interrogée qui travaille dans les métiers spécialisés a déclaré que cette compréhension est particulièrement importante pour les travailleurs des métiers spécialisés qui passent des industries traditionnelles (p. ex., le pétrole et le gaz) à des postes adjacents à l'économie verte. La personne interrogée a déclaré qu'une « conscience environnementale » générale est essentielle dans les métiers spécialisés. Pour les personnes impliquées dans la modernisation de l'environnement bâti, il pourrait s'agir d'une bonne compréhension du recyclage de matériaux de construction complexes tels que les matériaux d'isolation, les métaux, les plastiques et le bois afin de réduire les impacts sur l'environnement. Par ailleurs, une compréhension générale du changement climatique et de la durabilité environnementale se traduit différemment dans le monde organisationnel. Les personnes interrogées ont indiqué que pour les cadres d'entreprise, cette compétence est essentielle pour garantir que les indicateurs de rendement clé (IRC) de la durabilité environnementale sont inclus dans les processus opérationnels et la planification.

Indépendamment de l'industrie ou du rôle, les personnes interrogées ont noté que la compréhension du changement climatique et de la durabilité environnementale était une compétence transférable essentielle que tous les travailleurs de l'économie numérique verte devraient posséder.

### **Compétence transférable 2 : Analyse, gestion et interprétation de données**

Grâce à l'adoption de technologies numériques, telles que les capteurs, les compteurs intelligents, les technologies géospatiales et les services d'information, les organisations ont désormais accès à un grand volume de données et d'informations. Les ensembles de données peuvent contribuer au suivi des efficacités opérationnelles, des demandes d'énergie, des émissions de gaz à effet de serre, des dossiers financiers, des informations sur les clients, et bien plus encore. Comme l'explique une personne interrogée impliquée dans la formation professionnelle, « les données sont le fondement de la transition numérique verte ».

Toutefois, pour que les données mènent à des améliorations significatives des performances environnementales et/ou économiques, les ensembles de données doivent être analysés, gérés et interprétés avec précision et efficacité. Les ensembles de compétences en matière d'analyse, de gestion et d'interprétation de données se sont avérés essentiels aux cinq activités décrites dans le cadre de compétences du CTIC. À mesure que des technologies de l'industrie 4.0 continuent d'être adoptées, les compétences en matière de compréhension et d'utilisation de grands ensembles de données seront de plus en plus importantes. Les personnes interrogées dans le cadre de cette étude sont convaincues que tous les travailleurs du numérique devraient avoir une compréhension de base de l'analyse, de la gestion et/ou de l'interprétation des données :



**« La maîtrise des données est la capacité d'analyser des données et de leur donner un sens... Je pense que c'est un ensemble de capacités vraiment mal desservi.**

— Prestataire de formation sur la transition écologique

**« Tout le monde devrait savoir comment interpréter un graphique.**

— Prestataire d'apprentissage intégré au travail

**« L'interprétation des données est essentielle.**

— Employeur dans le domaine de la cybersécurité

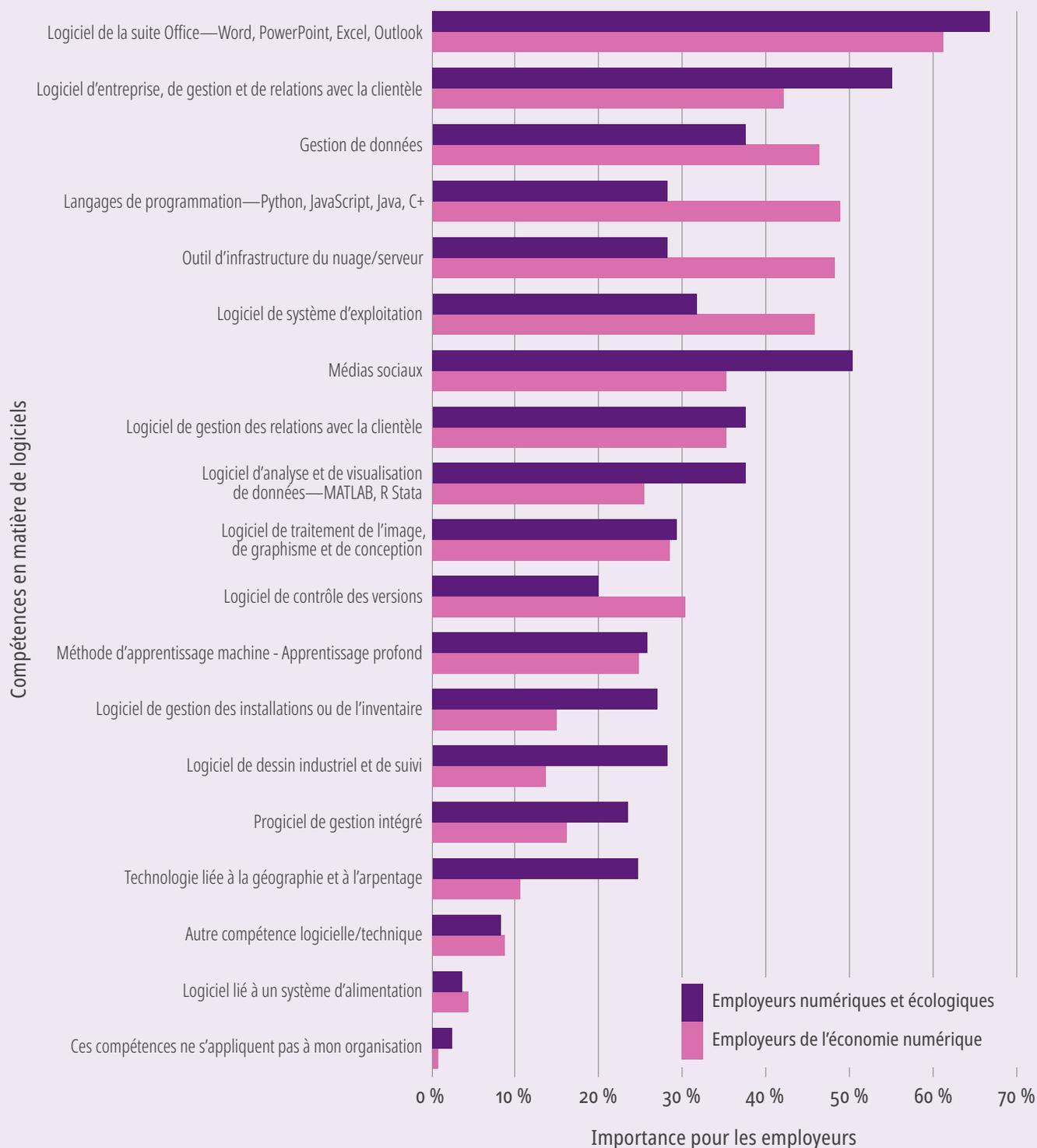
Les employeurs interrogés dans le cadre de cette étude ont également dit accorder une grande importance aux compétences liées à l'analyse, à la gestion et à l'interprétation de données. La gestion de données a été citée comme un ensemble de compétences important par 46 % des employeurs de l'économie numérique et 37 % des employeurs de l'économie numérique verte (figure 8). La compréhension et la maîtrise de logiciels d'analyse et de visualisation des données, tels que MATLAB, R Studio et Stata, sont également importantes pour 25 % des employeurs de l'économie numérique et 37 % des employeurs de l'économie numérique verte. De même, 23 % des employeurs de l'économie verte et 34 % des employeurs de l'économie numérique verte ont indiqué qu'il était important que les employés actuels et futurs puissent « recueillir, analyser et interpréter des échantillons et des données sur l'environnement ».

Certains employeurs interrogés dans le cadre de cette étude ont rapporté que des compétences plus avancées en matière de gestion des données sont également requises. De nombreux employeurs recherchent des personnes qui comprennent les langages de programmation, tels que Python, JavaScript, Java et C+, 48 % des employeurs de l'économie numérique et 28 % des employeurs de l'économie numérique verte ayant indiqué que cet ensemble de compétences était important (figure 8). La programmation et le codage peuvent s'étendre à des processus plus complexes d'analyse et de gestion de données, tels que le développement d'algorithmes d'apprentissage machine et d'intelligence artificielle, ainsi que l'infonuagique.

Des plus simples aux plus complexes, l'analyse, la gestion et l'interprétation de données sont importantes dans les différents domaines d'activité numériques vertes, ce qui en fait une compétence polyvalente essentielle pour les chercheurs d'emploi.



**En ce qui concerne les besoins en compétences de votre organisation, quelles sont les compétences logicielles suivantes que les employés actuels et futurs doivent posséder? Veuillez sélectionner toutes les réponses qui s'appliquent.**



**Figure 8 :** Importance des compétences logicielles pour les employeurs canadiens de l'économie numérique (n=163) et pour les employeurs de l'économie numérique verte (n=86). Au total, 249 employeurs ont répondu à cette question.



## Compétences non techniques recherchées chez les travailleurs du numérique vert



Dans la première version de son cadre de compétences numériques vertes, le CTIC cherchait uniquement à classer les ensembles de compétences techniques, et non les ensembles de compétences non technique ou humaines. Les enquêtes auprès des employeurs, les entretiens et les questions des tables rondes étaient donc axés sur les compétences techniques. Malgré tout, les personnes interrogées et les participants aux tables rondes n'ont pu s'empêcher de se prononcer sur la nécessité de disposer de talents de l'économie numérique verte qui possèdent d'excellentes compétences humaines. Les compétences humaines fondamentales recherchées qui ont été jugées importantes sont la pensée critique, la résolution de problèmes, la pensée systémique, la communication, la résilience et les compétences interpersonnelles.

Certaines personnes interrogées ont expliqué que, sans ces compétences humaines, il serait difficile de réaliser des avancées significatives dans la double transition. En effet, la transition numérique verte nécessite des personnes innovantes et axées sur les solutions, capables d'analyser des problèmes socioéconomiques, écologiques et techniques complexes et de s'y attaquer. Les personnes interrogées ont fait remarquer que ces professionnels doivent être capables de penser en termes de systèmes, c'est-à-dire d'écosystèmes, de systèmes d'entreprise et de systèmes économiques, afin d'éviter les effets de rebond ou d'autres conséquences imprévues.

En outre, les personnes interrogées ont noté que la résilience était une compétence humaine d'une importance cruciale pour les travailleurs du numérique vert. Si la double transition est prometteuse, elle présente également des changements et des doutes constants. Les travailleurs du numérique vert doivent être polyvalents et s'adapter facilement aux changements numériques verts. Des conclusions similaires ont été observées dans une étude récente, *High Value Skills for a Net-Zero Economy: Skills Assessment for the Ports, Supply Chain, and Maritime Sector*, qui détaille les compétences sociocognitives très recherchées et nécessaires à la transition vers la carboneutralité.<sup>127</sup> Cette étude révèle que la résilience, la persévérance, la débrouillardise et le cran sont des compétences non techniques importantes qui permettent aux travailleurs de rester positifs et motivés face au changement — qu'il s'agisse d'un changement par le biais de l'adoption du numérique, des principes de l'économie verte, ou des deux.

<sup>127</sup> Sherry Scully et May Young, « High Value Skills for a Net-Zero Economy: A Skills Assessment for the Ports, Supply Chain and Maritime Sector », The Halifax Port Authority and The PIER, août 2023, <https://www.thepierhfx.com/wp-content/uploads/2023/10/High-Value-Skills-for-a-Net-Zero-Economy.pdf>.



En outre, de solides aptitudes à communiquer ont été nommées par plusieurs personnes interrogées comme étant des compétences non techniques très recherchées chez les travailleurs du numérique vert. Les aptitudes à communiquer par écrit, y compris la rédaction technique, sont nécessaires pour s'assurer que toutes les données recueillies sur les questions environnementales sont interprétées et résumées clairement dans un format écrit. En outre, des aptitudes à communiquer oralement sont nécessaires pour présenter les principales constatations aux parties prenantes concernées. Dans le même ordre d'idées, les compétences en matière de relation avec les parties prenantes demandent d'excellentes compétences interpersonnelles, des compétences en matière de gestion des relations et de travail d'équipe.

Les travailleurs qui possèdent de solides compétences non techniques ou humaines jumelées à des compétences numériques vertes transférables peuvent s'attendre à une carrière prometteuse. Ces compétences non techniques sont susceptibles de résister à l'épreuve du temps, indépendamment des transitions numériques vertes.



# Conclusion

Le Canada est déjà témoin de perturbations sur le marché du travail en raison de la double transition : au cours des prochaines décennies, son impact ne fera que s'accroître. Dans un même temps, la transformation numérique et l'adoption de technologies transforment l'économie canadienne, augmentant rapidement la demande de nouvelles compétences liées aux données, aux logiciels et aux solutions matérielles des TIC. La question de savoir si la main-d'œuvre canadienne est suffisamment formée à cette classe émergente de « compétences numériques vertes » a des conséquences importantes : elle aura un impact sur la capacité des organisations canadiennes à développer et à adopter des solutions technologiques propres et, par conséquent, sur la capacité du Canada à atteindre ses objectifs en matière de durabilité environnementale.

Étant donné que les compétences numériques vertes peuvent être superposées à un large éventail de carrières existantes, il n'existe pas de parcours de formation unique menant à une carrière numérique verte. Presque toutes les carrières numériques vertes se forment en combinant les compétences et l'expérience traditionnelles dans une profession donnée — comme la finance, la construction ou l'approvisionnement — avec de nouvelles connaissances et compétences liées aux technologies de l'information et de la communication, à la durabilité environnementale, ou aux deux. Selon l'endroit où les solutions technologiques sont adoptées, les compétences numériques vertes peuvent être nécessaires dans les métiers spécialisés, la politique et la planification, l'architecture et la conception, l'administration ou de nombreux autres domaines. Cette réalité implique un large éventail de parties prenantes dans le développement de la main-d'œuvre numérique verte, y compris les enseignants de la maternelle au secondaire, les établissements postsecondaires, les employeurs, les organisations industrielles et les gouvernements, mais augmente également le risque d'initiatives de formation peu coordonnées ou harmonisées.

Le cadre de compétences numériques vertes du CTIC répond à ce défi en créant une approche normalisée et coordonnée des compétences numériques vertes. Il définit les compétences numériques vertes et les catégorise en activités principales : *conseil et analyse; conception et fabrication; production et fabrication; gestion, réglementation et comptabilité; et transport et durabilité*. Il détaille les compétences numériques vertes communes et les domaines de connaissances nécessaires pour mener à bien chaque activité, énumère les postes recherchés, présente des études de cas de l'industrie et décrit les compétences numériques vertes transférables qui transcendent toutes les activités.



Ce faisant, ce cadre de compétences jette les bases d'organisations de grande envergure pour contribuer au perfectionnement de la main-d'œuvre du numérique vert au Canada. Il clarifie la demande des employeurs en matière de compétences numériques vertes et sensibilise les étudiants et les professionnels en début ou en milieu de carrière aux parcours professionnels numériques verts et aux compétences requises. Enfin, il fournit aux gouvernements, aux enseignants et à l'industrie un moyen normalisé de décrire les compétences numériques vertes, ce qui facilite leur intégration dans les programmes d'études, les programmes d'apprentissage au travail et d'autres initiatives de formation et de développement de la main-d'œuvre.



# Méthodes de recherche et limites

## MÉTHODES DE RECHERCHE

Le CTIC a utilisé des méthodes mixtes pour recueillir des informations sur la main-d'œuvre numérique verte émergente du Canada. Cette approche comprend des méthodes de recherche secondaires et primaires, décrites ci-dessous.

### Recherche secondaire

Les chercheurs du CTIC ont entrepris une revue complète des taxonomies de compétences et des cadres et typologies d'emplois durables, propres et verts. Pour harmoniser leur cadre numérique vert sur les pratiques exemplaires internationales et valider les données primaires, les chercheurs du CTIC ont procédé à une extraction automatisée de la base de données O\*NET (Occupational Information Network) du ministère américain du travail,<sup>128</sup> de la base de données ESCO (European Skills, Competences, Qualifications and Occupations) de la Commission européenne,<sup>129</sup> et du portail d'information sur l'emploi MySkillsFuture du gouvernement de Singapour.<sup>130</sup>

### Recherche primaire

La recherche primaire a consisté en une enquête auprès d'employeurs, une série d'entrevues auprès d'informateurs clés et une table ronde d'employeurs et de spécialistes de l'économie verte organisée à Halifax (Nouvelle-Écosse) en janvier 2024.

Pour l'enquête auprès des employeurs, le CTIC a confié à une société d'enquête la réalisation d'un sondage auprès des employeurs sur le paysage de l'emploi numérique au Canada. L'enquête s'est déroulée entre juillet et août 2023. L'enquête a été menée en français et en anglais.

L'enquête a reçu un total de 301 répondants qualifiés. Sur les 301 répondants, 163 (54 %) étaient issus de l'économie numérique, tandis que 52 (17 %) étaient issus de l'économie verte. En tout, 86 répondants (29 %) représentaient des employeurs faisant le lien entre l'économie verte et l'économie numérique. La majorité des répondants (83 %) représentaient des entreprises du secteur privé, tandis que le gouvernement et les organisations à but non lucratif représentaient ensemble 17 % des répondants.

<sup>128</sup> Voir : O\*NET OnLine, <https://www.onetonline.org/>.

<sup>129</sup> Voir : Portail ESCO, [https://esco.ec.europa.eu/fr/classification/occupation\\_main](https://esco.ec.europa.eu/fr/classification/occupation_main).

<sup>130</sup> See: MySkillsFuture portal, <https://www.myskillsfuture.gov.sg/content/portal/en/index.html>.



**Tableau A1 : Enquête auprès des employeurs dans le domaine des TIC numériques vertes, type d'employeur**

Type d'employeur	Réponses	Pourcentage
Entreprise privée	188	62,5 %
Entreprise publique	61	20,3 %
Organisation à but non lucratif	26	8,6 %
Organisation gouvernementale	25	8,3 %
Autres	1	0,3 %

Source des données : Enquête auprès des employeurs numériques verts du CTIC, 2023.

Les répondants à l'enquête représentaient des entreprises grandes et petites, 75 % d'entre eux représentant des petites et moyennes entreprises de moins de 500 salariés, tandis que 25 % représentaient des employeurs de plus de 500 salariés.

**Tableau A2 : Enquête auprès des employeurs dans le domaine des TIC numériques vertes, taille de l'employeur**

Taille de l'entreprise/organisation	Réponses	Pourcentage
Micro 2-4 employés	188	13 %
Petite 5-99 employés	61	37 %
Moyenne 100-499 employés	26	25 %
Grande 500-9 999 employés	25	16 %
Très grande 10 000+ employés	1	9 %

Source des données : Enquête auprès des employeurs numériques verts du CTIC, 2023.

L'enquête auprès des employeurs a reçu des réponses d'employeurs ayant leur siège social dans toutes les provinces canadiennes sauf une, l'Île-du-Prince-Édouard. Un employeur du Nunavut a également répondu à l'enquête, de même que 21 entreprises dont le siège social se trouve à l'étranger. Près de la moitié des répondants à l'enquête (45,51 %) étaient des employeurs dont le siège social était en Ontario, tandis que d'autres regroupements importants de répondants avaient leur siège social en Colombie-Britannique (18,27 %) et en Alberta (11,96 %).



**Tableau A3 : Enquête auprès employeurs numériques verts dans le secteur des TIC, répartition géographique des répondants**

Provinces	Réponses	Pourcentage
Colombie-Britannique	55	18,27 %
Alberta	36	11,96 %
Saskatchewan	13	4,32 %
Manitoba	10	3,32 %
Ontario	137	45,51 %
Québec	19	6,31 %
Nouveau-Brunswick	2	0,66 %
Nouvelle-Écosse	5	1,66 %
Terre-Neuve-et-Labrador	2	0,66 %
Nunavut	1	0,3 %
Hors Canada	21	6,98 %

Source des données : Enquête auprès des employeurs numériques verts du CTIC, 2023.

**Entretiens auprès d'informateurs clés :** les chercheurs du CTIC ont procédé à une série de 25 entretiens auprès d'informateurs clés, soit des employeurs des économies numérique et verte, ainsi qu'avec des spécialistes canadiens et internationaux des emplois verts/propres. Ces entretiens se sont déroulés en ligne, dans un format ouvert et semi-structuré. Les personnes interrogées représentaient des entreprises du secteur privé de diverses industries vertes et numériques, ainsi que le gouvernement, la société civile et les organisations à but non lucratif, ainsi que le monde universitaire.

**Table ronde d'employeurs/de spécialistes :** le CTIC a organisé une table ronde d'employeurs qui s'est tenue à Halifax, en Nouvelle-Écosse, le 10 janvier 2024. Au total, 14 employeurs de l'économie propre et spécialistes de la main-d'œuvre y ont participé. La table ronde a consisté en une présentation de cadrage sur l'électricité renouvelable et les fournisseurs de services publics nord-américains, suivie d'une conversation animée et semi-structurée entre les participants à l'atelier concernant la numérisation dans l'économie verte, les ensembles de compétences émergents et recherchés, les défis du marché du travail et les recommandations politiques entourant le développement des capacités pour les emplois de l'économie verte. Les résultats détaillés de la table ronde ont également été publiés séparément par le CTIC dans l'exposé politique intitulé *Renforcer l'économie de l'énergie propre en Nouvelle-Écosse (2024)*.<sup>131</sup>

<sup>131</sup> Allison Clark et Todd Legere, « Renforcer l'économie de l'énergie propre de la Nouvelle-Écosse : exposé de politique du CTIC », Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC), mars 2024, <https://ictc-ctic.ca/fr/rapports/renforcer-leconomie-de-lenergie-propre-en-nouvelle-ecosse>.



## LIMITES DE LA RECHERCHE

Cette recherche et le cadre de compétences numériques vertes qui en découle ne se veulent pas exhaustifs et ne reflètent pas la totalité des économies numériques ou vertes au Canada. Les connaissances et compétences numériques vertes énumérées dans le cadre et dans le rapport ne doivent pas être considérées comme un inventaire exhaustif, mais plutôt comme un catalogue partiel des compétences numériques et vertes. Ces compétences évolueront sans aucun doute au fil du temps. Tout comme les compétences numériques vertes énumérées dans le présent rapport, les industries numériques vertes présentées doivent être considérées comme des exemples plutôt que comme une liste exhaustive. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre comment d'autres secteurs et industries au Canada participent à l'économie numérique verte.

Les chercheurs du CTIC ont déployé des efforts considérables pour s'entretenir avec des spécialistes et des employeurs de l'ensemble de l'économie numérique verte. L'enquête menée auprès des employeurs dans le cadre de cette étude visait à recueillir de l'information auprès d'organisations de toutes tailles dans l'ensemble du Canada. Toutefois, le Québec, les provinces de l'Atlantique et les Territoires du Nord (Yukon, Territoires du Nord-Ouest et Nunavut) étaient sous-représentés dans l'enquête. Il existe sans aucun doute des variations régionales dans l'économie verte numérique du Canada que cette recherche n'a pas pu mettre en évidence.

Cette recherche, par son intention et sa conception, est de nature exploratoire. Il reste encore beaucoup à apprendre sur l'économie numérique verte du Canada.

