

Profil
de l'ingénieur
d'aujourd'hui

et de
demain

.....
ÉTUDE
SOCIOÉCONOMIQUE
Avril 2021

ing. Ordre
des ingénieurs
du Québec

Étude de l'Ordre des Ingénieurs du Québec, réalisée par Aviseo Conseil.

PISTES D' ACTIONS	5
MISE EN CONTEXTE	6
1. PROFIL DES PROFESSIONNELS EN GÉNIE	10
1.1. Portrait général des effectifs	11
1.2. Analyse par spécialisation	14
1.3. Les professionnels diplômés en génie dans l'économie	16
1.4. Préférences et aspirations des ingénieurs d'aujourd'hui	19
1.5. Les professionnels en génie dans l'économie québécoise	23
1.6. Les femmes en ingénierie	28
1.7. L'immigration en ingénierie	30
1.8. Portrait de la relève	31
1.9. Le génie et le groupe STGM	39
1.10. Analyse des membres de l'OIQ	41
2. IMPACT DE LA PANDÉMIE COVID-19 POUR LE DOMAINE DU GÉNIE	43
2.1. Impacts à court terme	44
2.2. Impacts à moyen et long termes	45
2.3. Impacts sur la relève	47
3. POSITIONNEMENT DE LA PROFESSION AU QUÉBEC	48
3.1. Positionnement du Québec	49
3.2. La place des professionnels en génie dans l'économie	50
3.3. Rémunération	54
3.4. Relève étudiante	55
3.5. Les immigrants dans le domaine du génie	57
3.6. Les femmes en génie	58
4. TENDANCES	60
4.1. Les tendances technologiques	63
4.2. Les tendances environnementales	70
4.3. Les tendances économiques, démographiques et sociales	74
4.4. Les industries d'avenir	83
4.5. Les compétences d'avenir	91
4.6. Regard sur l'évolution de la profession par discipline	96
5. BESOINS ET OFFRE DE PROFESSIONNELS EN GÉNIE	103
5.1. Présentation du modèle	104
5.2. Besoins de main-d'œuvre	106
5.3. Offre de main-d'œuvre	109
5.4. Analyse de l'adéquation	114
ANNEXE 1 – Effectifs par région et domaine - 2016	120
ANNEXE 2 – Demande et offre annuelles par profession selon divers scénarios	122
ANNEXE 3 – Demande et offre totales par profession	124
ANNEXE 4 – Principales hypothèses du modèle de prévision	126

L'Ordre des ingénieurs du Québec a pour vision d'être la référence en matière de protection du public au sein du système professionnel et de valoriser la contribution essentielle que l'ingénieur apporte à la société québécoise.

Le déploiement de notre Plan ING 20-25 vient concrétiser cette vision. Il prévoit notamment une participation accrue de l'Ordre à la réflexion sur les enjeux publics qui touchent la profession, notamment la main d'œuvre en génie et l'évolution du rôle des ingénieurs.

C'est dans cette optique que l'Ordre publie ce *Profil de l'ingénieur d'aujourd'hui et de demain*, première étude socioéconomique d'envergure dans l'histoire récente de l'Ordre.

Cette étude, riche en données et en analyses, alimentera les travaux que nous menons en continue pour encadrer la pratique professionnelle et soutenir le développement de la profession, les deux volets complémentaires de notre mission.



L'étude permet entre autres de mieux saisir la contribution des professionnels du génie aux grands secteurs de l'activité économique du Québec. Elle identifie également les tendances qui auront le plus d'influence sur les ingénieurs de demain et les compétences qui devront être accentuées. Enfin, elle permet de documenter sur des bases solides la rareté de la main-d'œuvre que nous vivons depuis plusieurs années et qui se maintiendra dans la prochaine décennie.

Agir collectivement

Avec cette étude, nous sommes mieux outillés collectivement pour agir afin que les ingénieurs puissent, au cours des prochaines années, continuer à répondre aux attentes de la société et à contribuer à la prospérité du Québec.

Les recommandations que nous avons formulées – pour atténuer les effets de la rareté de la main-d'œuvre ou pour adapter la formation en génie aux nouvelles réalités de la profession – interpellent les gouvernements, les institutions qui forment

les ingénieurs, de même que les employeurs qui les embauchent.

Des remerciements

Cette étude est le résultat d'un travail collectif. Outre l'équipe d'Aviseo Conseil, nous avons recueilli les points de vue des forces vives de la profession, incluant les membres qui ont été consultés par voie de sondage. Je remercie chaleureusement tous ceux et celles qui ont contribué à l'élaboration de ces constats et de ces recommandations.

Bonne lecture !

Kathy Baig, ing., MBA, ASC, DHC

PISTES D'ACTION

AXE 1. Atténuer les effets de la rareté de main-d'œuvre

- 1.1. Bonifier le financement des universités pour accroître leurs capacités de formation. Octroyer un financement additionnel destiné aux programmes ciblant des clientèles en situation minoritaire.
- 1.2. Poursuivre les efforts de tous les acteurs pour augmenter le nombre de femmes au sein de la profession.
- 1.3. Encourager la multiplication d'initiatives pour favoriser l'embauche de main d'œuvre issues de groupes minoritaires et partager les meilleures pratiques. Octroyer les ressources suffisantes au déploiement de ces projets.

AXE 2. Adapter les recherches et formations universitaires aux besoins du marché du travail

- 2.1. Adapter en continue les cursus universitaires et les programmes de formation continue pour tenir compte des réalités de la profession et des besoins du marché du travail. Par exemple:
 - Le développement durable et l'adaptation aux changements climatiques
 - L'acceptabilité sociale des projets d'ingénierie
 - Les nouvelles technologies, incluant l'intelligence artificielle et la cybersécurité
 - La gestion du changement
- 2.2. Prévoir des mécanismes de consultations agiles entre les entreprises et les universités pour demeurer à l'affut des besoins du marché du travail et des développements au sein de la profession.
- 2.3. Continuer de miser sur le travail multidisciplinaire et collaboratif dans les programmes universitaires, notamment avec des projets inter facultaires et interuniversitaires.

MISE EN CONTEXTE

Spécialisations d'ingénierie

L'étude se concentre sur les professions en génie qui sont réglementées par l'OIQ. Précisément, l'étude porte sur les catégories de professions qui apparaissent au tableau 1, lesquelles sont classifiées selon le Code National des Professions (CNP).

Il est à noter que la catégorie CNP 217 - professionnels et professionnelles en informatique regroupe cinq professions qui ne requièrent pas obligatoirement un diplôme de génie ou un titre de membre de l'OIQ. Plusieurs travailleurs de cette catégorie détiennent néanmoins un diplôme en génie. Il s'agit du seul groupe de professions couvert par l'étude dont les travailleurs ne sont pas obligatoirement membres de l'OIQ. Comme il s'agit d'une profession en forte effervescence, ces professions sont intégrées à la présente étude. Plus précisément, la catégorie CNP 217 couvre les cinq professions suivantes :

- Analystes et consultants en informatique
- Analystes de bases de données
- Ingénieurs et concepteurs en logiciel
- Programmeurs et développeurs en médias interactifs
- Concepteurs et développeurs Web

TABLEAU 1

Classification statistique des pratiques de génie

CNP	Profession
0211	Directeurs des services de génie
213	Professionnels en génie civil, mécanique, électrique et chimique
2131	Ingénieurs civils
2132	Ingénieurs mécaniques
2133	Ingénieurs électriques, électriciens
2134	Ingénieurs chimiques
214	Autres professionnels en génie
2141	Ingénieurs d'industrie et de fabrication
2142	Ingénieurs métallurgistes et des matériaux
2143	Ingénieurs miniers
2144	Ingénieurs géologiques
2145	Ingénieurs de l'extraction et du raffinage du pétrole
2146	Ingénieurs en aérospatiale
2148	Autres ingénieurs n.c.a
217	Professionnels informatique (diplômés en génie)
2147	Ingénieurs informaticiens

Source : Statistique Canada

ENCADRÉ 1

Distinction entre ingénieurs et professionnels en génie

En vertu de la réglementation actuelle, le titre « ingénieur » est réservé aux membres de l'OIQ. L'usage qui en est fait dans la présente étude reflète cette réglementation et ne fait référence qu'au groupe précis des membres de l'OIQ.

Lorsque les analyses sont basées sur les données d'institutions statistiques, l'étude emploie les termes plus généraux comme « professionnels diplômés en génie » ou « professionnels œuvrant dans le domaine de l'ingénierie ». Ces termes ne font référence qu'aux diplômés de génie occupant un poste dans une occupation figurant au tableau 1.

Pour l'occupation CNP 217 - professionnels en informatique, seuls les diplômés en génie sont inclus dans le périmètre de l'étude. D'ailleurs, nous employons le terme « professionnels en informatique diplômés en génie » pour désigner les personnes faisant partie de ce groupe.

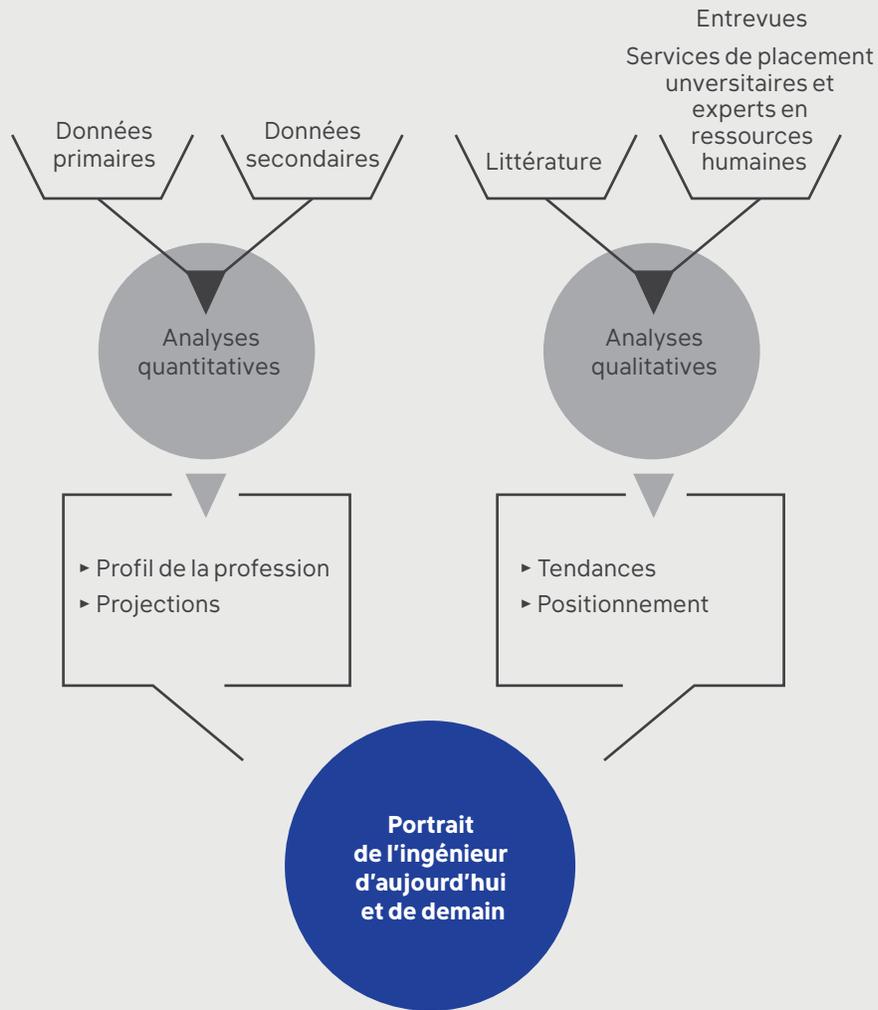
Cadre d'analyse et structure du rapport

La présente étude vise cinq grands objectifs :

- 1. Fournir des éléments d'informations sur les caractéristiques démographiques des professionnels en génie au Québec ;**
- 2. Analyser l'évolution récente de la profession ;**
- 3. Analyser les tendances qui affecteront la profession au cours de la prochaine décennie ;**
- 4. Estimer les besoins de professionnels en génie au Québec d'ici 2030 ;**
- 5. Analyser l'adéquation entre les besoins anticipés et l'offre de nouveaux professionnels en génie sur l'horizon 2030.**

Pour atteindre ces objectifs, l'étude se fonde sur un bouquet de données primaires et secondaires ainsi que sur des informations qualitatives en provenance de la littérature et d'entrevues effectuées avec des professionnels en ressources humaines ou service de placement d'universités québécoises. L'application d'un cadre d'analyse rigoureux, représenté au schéma 1, nous a permis d'atteindre les objectifs préalablement énoncés.

Cadre de l'analyse



Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil.

Précisions quant aux données

La source principale des données apparaissant dans cette étude est le Recensement de la population 2016 de Statistique Canada. Tout au long du rapport, le lecteur doit prendre pour acquis que les données proviennent de cette source, sauf indication contraire.

L'étude fait également appel aux bases de données internes de l'OIQ, entre autres dans la section spécifique portant sur les membres de l'OIQ. D'autres sources de données ont été utilisées comme l'Enquête sur la population active et l'Enquête annuelle sur les industries de services de Statistique Canada. Des statistiques sur les diplômés du Québec provenant du Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement Supérieur du Québec ont également alimenté le modèle de projections de l'offre de main-d'œuvre. Lorsque les données affichées s'appuient sur ces sources, le rapport l'indique.

Certains indicateurs ou variables peuvent ainsi présenter différentes valeurs. Il s'agit de l'effet des différentes sources dont elles émanent ou des hypothèses utilisées pour en estimer une mise à jour étant donné l'écart depuis la tenue du dernier recensement.

Finalement, l'étude s'appuie sur deux sondages menés en novembre 2020. Un premier sondage a été soumis aux membres de l'OIQ entre le 4 et le 20 novembre 2020. Il visait à connaître l'opinion des ingénieurs concernant diverses thématiques comme la région de travail, les caractéristiques recherchées pour les emplois, la formation continue, l'évolution des compétences, les tendances futures qui auront un impact sur la profession ainsi que sur la place des femmes et des minorités visibles dans le domaine du génie. Un sondage portant sur les mêmes thèmes a été mené du 9 au 27 novembre 2020 auprès des étudiants des diverses facultés de génie du Québec.

Limites de l'étude

Les démarches au dépôt du présent rapport ont été réalisées entre les mois de juillet 2020 et mars 2021. Bien que tous les efforts nécessaires aient été mis en oeuvre pour assurer l'exactitude des informations contenues dans le rapport, nous ne pouvons garantir qu'elles le seront toujours au moment où le lecteur en prendra connaissance.

Au surplus, les résultats des sondages doivent être analysés avec la prudence usuelle dont doit faire preuve un lecteur avisé. Bien que nous ayons fait les efforts nécessaires pour rassembler des échantillons représentatifs des ingénieurs du Québec et des effectifs étudiants des facultés de génie, nous tenons à réitérer les limites des conclusions pouvant être tirées d'un sondage. En 2020, la pandémie COVID-19 a chamboulé considérablement l'économie et le marché du travail partout dans le monde. Bien que nos prévisions de la demande et de l'offre d'ingénieurs tiennent compte de l'effet de la pandémie sur l'économie et le marché du travail sur l'horizon temporel de projection, il s'agit néanmoins d'un événement exceptionnel qui ajoute à l'incertitude inhérente à tout exercice du genre.

Finalement, la représentativité des femmes s'est avérée légèrement plus élevée pour les deux sondages effectués. De plus, quant au sondage auprès des étudiants en génie, la représentativité des étudiants issus des universités francophones s'est montrée plus importante que celle observée dans la population générale d'étudiants en génie du Québec. Le lecteur est invité à interpréter les résultats des sondages en conséquence.

1

PROFIL DES PROFESSIONNELLS EN GÉNIE

La présente section dresse un portrait général des professionnels en génie du Québec. Elle montre l'évolution du nombre de personnes occupant cette profession, et dresse un profil socio-démographique de celle-ci.

1.1.

Portrait général des effectifs

Le nombre de personnes occupant des postes dans le domaine de l'ingénierie est en croissance au Québec depuis plusieurs années. En date du dernier recensement de 2016, le génie québécois comptait quelque 67 770 professionnels, une augmentation de +15 000 ou +22% depuis 2006.



e: Les données pour 2019 sont estimées

Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil.

Signe d'une économie de plus en plus tournée vers le savoir, les technologies et l'innovation, la part relative des professionnels en génie dans le marché du travail au Québec est en constante progression. En 2006, ces travailleurs représentaient 1,11 % de la main d'œuvre, alors qu'en 2019 on estime que cette part se situe à 1,74 %¹. Les diplômés de génie qui occupent des postes dans le domaine de l'informatique et du logiciel composent 27 % de la main-d'œuvre en génie au Québec. En 2016, on évaluait leur nombre à 17 900, lequel aurait augmenté de +2 875 pour atteindre 20 785 en 2019.

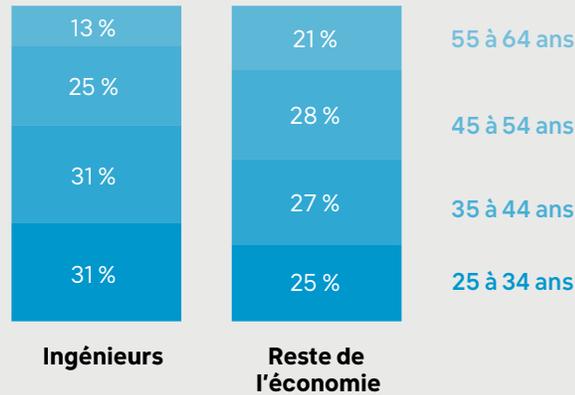
Les professionnels diplômés en génie sont en moyenne plus jeunes que les travailleurs du Québec. La part des travailleurs en génie ayant 44 ans ou moins dépasse celle du reste de l'économie, à 62 % par rapport à 52 %. Ce même groupe d'âge de moins de 44 ans compose également 62 % des effectifs professionnels en génie informatique. La croissance de ces professionnels est portée par une montée des jeunes travailleurs et des nouveaux diplômés.

¹ La proportion est de 1,65% sans la catégorie 217. On utilisera cette dernière proportion pour fins de comparaison.

SCHÉMA 3

Répartition de personnes en emploi par groupe d'âge

Québec, 2016, en %



Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

La population de travailleurs diplômés en génie demeure à forte majorité masculine, représentant 86 % de l'effectif. Malgré une progression de la part des femmes depuis les années 2000, celle-ci demeure en deçà de 15 %. En incluant les professionnelles en informatique diplômées en génie, la proportion de femmes monte à 16 %. Une analyse plus détaillée sur la présence des femmes dans la profession sera présentée à la section 1.5.

+37 %

de diplômés

Entre 2015 et 2019, les diplômés émis aux gradués des cycles asupérieurs en génie ont connu une croissance de +37 %, se situant à 16 points de pourcentage au-dessus de la croissance au sein des diplômés du premier cycle pour la même période.

Les programmes d'équivalence des diplômes et des formations de l'OIQ ainsi que la forte présence d'étudiants étrangers au Québec, et a fortiori à Montréal, ont contribué à solidifier la présence des personnes issues de l'immigration dans la profession de génie. Ceux-ci comptent maintenant pour près du quart des effectifs totaux sur le marché du travail. Cette proportion est deux fois plus élevée que celle de la population en âge de travailler au Québec. On remarque toutefois que les immigrants sont moins nombreux dans les postes de direction des services d'ingénierie. Une analyse plus approfondie sur les professionnels en génie issus de l'immigration se trouve dans la section 1.6.

Les professionnels en génie francophones représentent 92 % des effectifs de l'OIQ en 2019. Lors des dix dernières années, les professionnels en génie anglophones ont vu leur proportion diminuer de 1 %. À 20,5 %, la part des anglophones parmi les 60 ans et plus reste toutefois importante.

Une rémunération compétitive²

Le dernier recensement de Statistique Canada estimait quant à lui cette rémunération à 98 700\$ pour ces professionnels occupés à temps plein en 2015 et 90 200\$ pour ceux occupés à temps plein en 2010. Il s'agit d'une **augmentation de l'ordre de +15 %** entre 2010 et 2020. Les statistiques démontrent que les professionnels en informatique diplômés en génie ne se distinguent pas des autres types de professionnels en génie en ce qui a trait à leur niveau de rémunération. Le rythme de croissance de celle-ci s'est également avéré similaire au cours des années récentes.

Une distinction notable toutefois quant à la rémunération est la différence qui perdure entre les hommes et les femmes. On observe un écart de +17 % dans le salaire moyen des hommes par rapport à celui des femmes en 2016 selon les données du recensement. Plus de détails sont offerts concernant la différence salariale entre les deux sexes dans la section 1.5.

Le diplôme de baccalauréat constitue le niveau d'éducation minimal pour exercer la profession, et on compte **28 % des travailleurs diplômés en génie qui détenaient un diplôme universitaire de cycles supérieurs** en 2016. On pourrait anticiper que ce pourcentage grimpera dans un futur proche puisque les inscriptions universitaires sont en croissance pour les 2e et 3e cycles par rapport au baccalauréat. Il comptait d'ailleurs pour 33 % des inscriptions pour l'année scolaire 2019-2020.

TABLEAU 2

Statistiques sur les effectifs par discipline d'ingénierie³

CNP	Nombre			Part 2016	TCAC 2011-2016	Part des femmes 2016	Indice de rémunération
	2011	2016	2019				
Direction et gestion	3 140	3 525	3 924	5 %	2,3 %	20 %	136 473 \$
Professionnels en génie civil, mécanique, électrique & chimique	32 005	35 280	40 308	-	-	-	-
Civil	10 630	11 830	-	17 %	2,2 %	20 %	101 056 \$
Mécanique	10 570	12 410	-	18 %	3,3 %	9 %	104 901 \$
Électrique et électronique	8 770	9 175	-	14 %	0,9 %	10 %	107 835 \$
Chimique	2 035	1 865	-	3 %	-1,7 %	30 %	107 362 \$
Autres pratiques de génie	9 955	10 155	10 850	-	-	-	-
Industriel	4 185	4 160	-	6 %	-0,1 %	23 %	103 686 \$
Aérospatial	3 150	3 060	-	5 %	-0,6 %	12 %	107 312 \$
Ressources naturelles	1 640	1 765	-	3 %	1,5 %	17 %	114 097 \$
Autres ingénieurs	980	1 170	-	2 %	3,6 %	23 %	S.O.
Sous-total	45 100	48 960	55 082	72 %	1,7 %	15 %	107 325 \$
Informatique et logiciel	17 339	18 810	20 786	28 %	1,6 %	20 %	103 344 \$
TOTAL	62 439	67 770	75 868	100 %	1,7 %	16 %	104 085 \$

2 Enquête sur la rémunération en génie au Québec, Genium360.

3 Statistique Canada, Genium360, Estimations Aviseo Conseil

1.2.

Analyse par spécialisation



Les ingénieurs civils, mécaniques, électriques, électroniques et chimiques comptent plus de 40 000 professionnels en 2019, soit plus de 50 % des professionnels en génie. Le nombre d'ingénieurs a crû de +2,7 % par année entre 2011 et 2016.

On distingue plusieurs pratiques qui ont connu une croissance plus élevée, dont les professionnels en informatique et logiciel. Les données pour 2019 semblent indiquer que cette croissance s'est accélérée grandement. Le modèle qui sera présenté subséquemment distinguera les tendances et les besoins pour les professions en informatique ainsi que pour le domaine en entier.

La part des femmes varie selon les pratiques du domaine. On remarque qu'elles sont sous-représentées dans certains domaines, notamment les pratiques de génie mécanique, électrique et électronique ainsi qu'aérospatial. Toutefois, le génie chimique montre une plus grande part de professionnelles femmes.

La rémunération varie peu entre les professions. On peut distinguer favorablement les postes de gestion ainsi que les professionnels en lien avec les ressources naturelles (métallurgistes, miniers) qui sont davantage rémunérés.

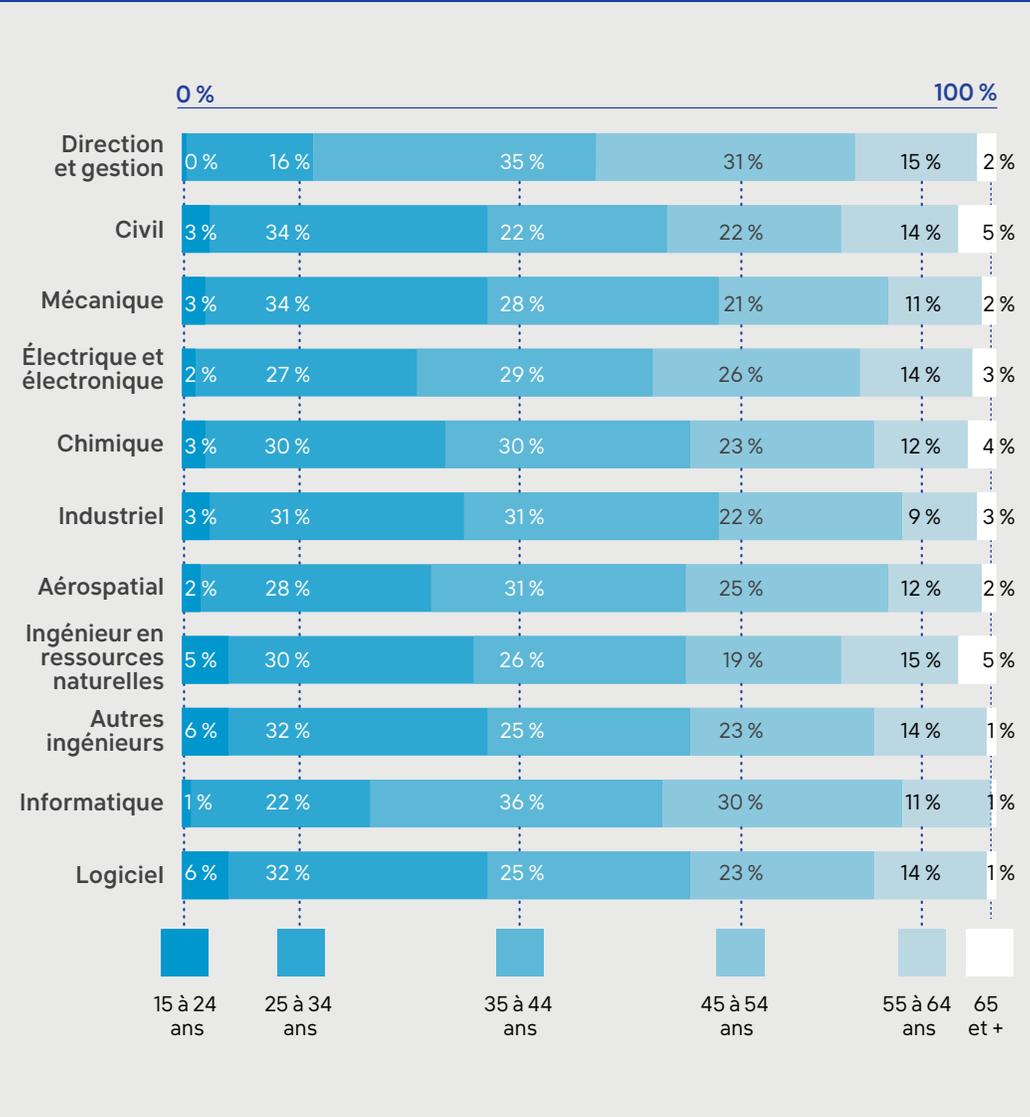
Une analyse des professions par tranche d'âge permet de discerner les spécialisations pour lesquelles les départs à la retraite risquent d'être plus importants dans les prochaines années. En général, les 55 ans et plus représentent entre 12 et 20 % des professionnels dans chaque spécialisation. Les professionnels en génie civil et ceux en ressources naturelles (minier et métallurgiste) constituent les domaines pour lesquels on compte davantage de travailleurs expérimentés.

Dans le groupe des professionnels en informatique diplômés en génie, 38 % des travailleurs avaient moins de 35 ans en 2016. Avec la hausse des inscriptions et des diplômés décernés en génie de conception de logiciels, cette part pourrait s'amplifier au cours des prochaines années. Les postes de gestion sont occupés en grande partie par des travailleurs de 35 à 55 ans.

SCHÉMA 4

Répartition des ingénieurs selon leur âge

Québec, 2016, en % du total



Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

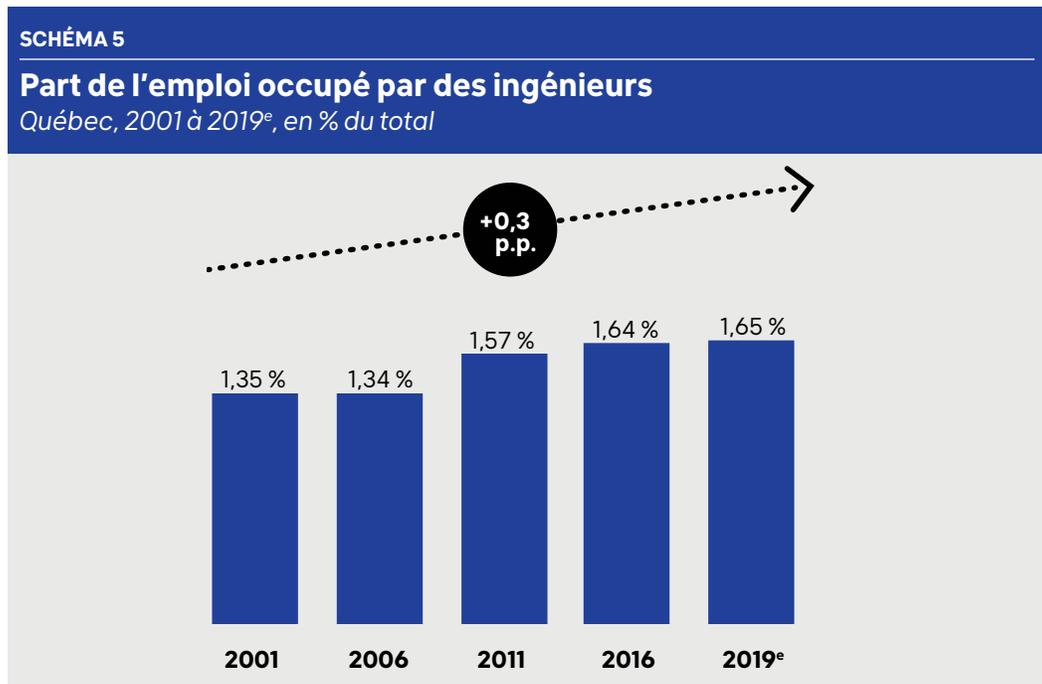
1.3.

Les professionnels diplômés en génie dans l'économie

Les dernières années ont été marquées par une croissance de la présence des professionnels diplômés en génie dans l'économie du Québec. La part des emplois occupés par ces professionnels est passée de 1,35 % en 2006 à 1,64 % en 2016.

L'analyse par domaine de profession permet de mettre en lumière les secteurs dans lesquels gravitent une part importante des travailleurs en génie. D'entrée de jeu, les personnes œuvrant dans le domaine de l'ingénierie sont très présentes dans le secteur de la production des biens. On y trouve près de 40 % des effectifs alors que ce secteur compte pour 20 % de l'emploi du Québec. Dans la production de biens, on remarque que ce sont respectivement les industries manufacturières, de la construction et des utilités publiques qui sont les principaux domaines de pratique.

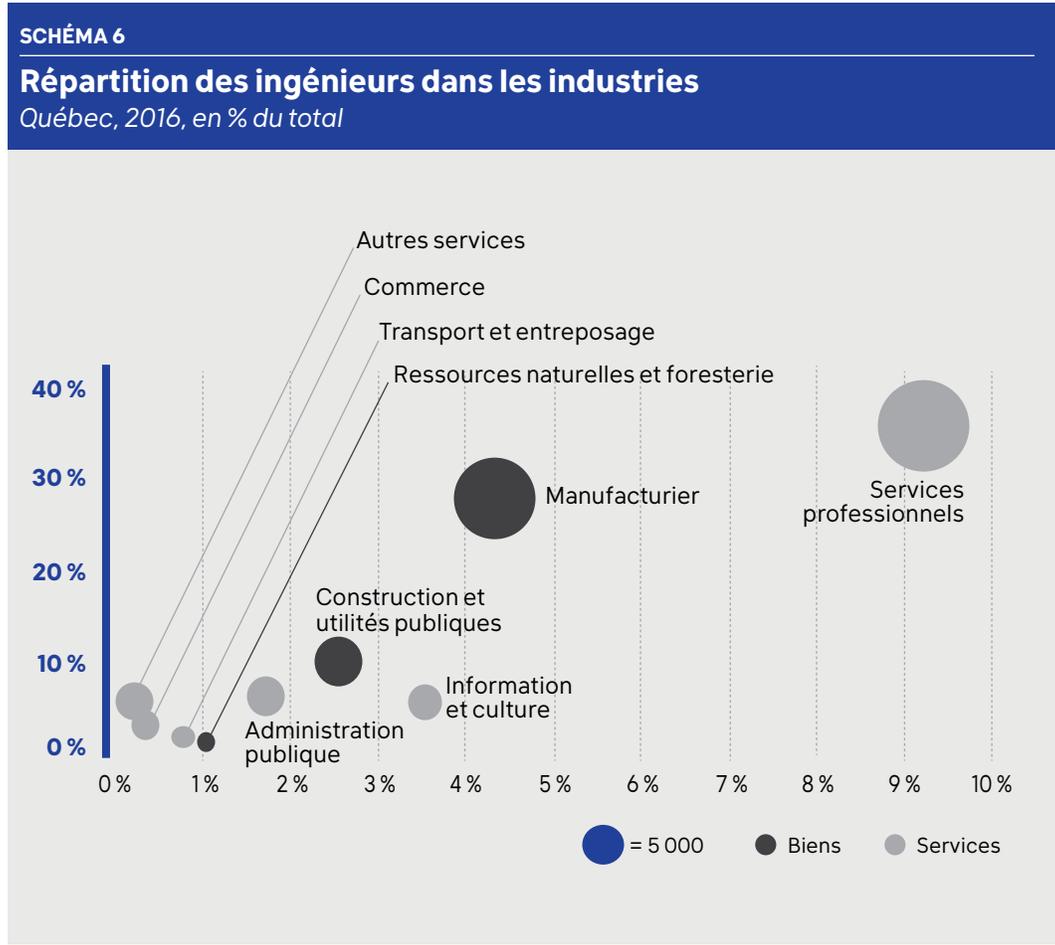
On ne saurait cependant passer outre la présence de plus de 35 % des professionnels œuvrant dans le génie dans le secteur des services professionnels, scientifiques et techniques. Non seulement ce secteur est important pour la profession, mais ces professionnels comptent pour plus de 8 % de l'emploi total de l'industrie. On remarque également une présence relativement forte dans l'industrie de l'information et de la culture. On associe cela aux sous-industries de production de logiciel dans lesquelles œuvrent des professionnels en informatique et logiciel.



e : Les données pour 2019 sont estimées

Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

Par ailleurs, on observe une part plus importante des professionnels en génie dans l'administration publique que dans l'ensemble de l'économie. On peut justifier cette observation par la présence autant de professionnels en génie civil pour encadrer les travaux d'infrastructures qu'à la présence des professionnels en génie informatique ou logiciel pour mener les projets informatiques d'envergure de l'État.



Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

Les secteurs de l'extraction de ressources et les services publics ne comptent que 2 % des emplois au Québec mais représentent 5 % des professionnels en génie. Les deux autres secteurs importants au sein du domaine de génie, soit le secteur manufacturier et les services professionnels, techniques et scientifiques, affichent également des fortes concentrations de professionnels en génie. Les services professionnels, scientifiques et techniques constituent par ailleurs la seule industrie de services ayant une forte concentration de travailleurs du domaine de génie. Malgré l'importance pour la profession, surtout dans certaines régions clés, l'industrie de la construction compte de faibles parts de concentration des professionnels de génie.

L'analyse de l'évolution des effectifs dans chaque spécialisation de génie permet d'apprécier les gains réalisés par les diverses professions du domaine ainsi que leur importance relative au sein des secteurs. À ce titre, nous comparons les données sur un horizon de 10 ans afin de déceler les tendances pour les secteurs d'importance. Il va sans dire que le degré de précision requis pour faire cette analyse nécessite d'avoir recours aux données de recensement.

À l'instar de la part des professionnels diplômés en génie qui a augmenté dans l'ensemble de l'économie, la proportion par secteur est en croissance dans pratiquement tous les secteurs économiques. On remarque une croissance particulièrement élevée dans le secteur manufacturier, la construction et les services d'utilité publique ainsi que le secteur de l'information et la culture.

La croissance du nombre de diplômés en génie dans certains programmes universitaires comme la conception de logiciel, jumelée aux départs à la retraite de travailleurs expérimentés mais moins qualifiés, ainsi qu'aux besoins grandissants des entreprises pour des travailleurs détenant les compétences requises en matière de numérisation et d'automatisation, nous prévoyons que la part dans les secteurs continuera à s'accroître au cours de la prochaine décennie dans des secteurs comme la fabrication, la construction et les services d'utilité publique. Cette situation aura un effet positif sur la demande globale de professionnels en génie informatique et logiciel.

1.4.

Préférences et aspirations des ingénieurs d'aujourd'hui

L'enquête menée auprès des membres de l'OIQ nous permet d'en connaître davantage sur les préférences des ingénieurs d'aujourd'hui, sur ce qui les anime et à quoi ils aspirent. Nous abordons ici les thèmes de la région de travail, des caractéristiques recherchées pour le choix d'un emploi, des ambitions entrepreneuriales et de la satisfaction à l'égard de la formation continue.

Le choix de la région de travail des ingénieurs semble davantage motivé par le désir de demeurer dans sa région natale. Un total de 30% des répondants ont invoqué cette raison, alors que 23% ont affirmé être emménagé dans leur région de travail spécifiquement pour occuper leur poste. La qualité de vie se classe au troisième rang des raisons évoquées à 19%. Ce résultat contraste avec celui de l'enquête auprès des étudiants de génie, pour lequel 46% des répondants comptaient choisir leur région de travail en fonction de la qualité de vie qu'elle leur offrira.

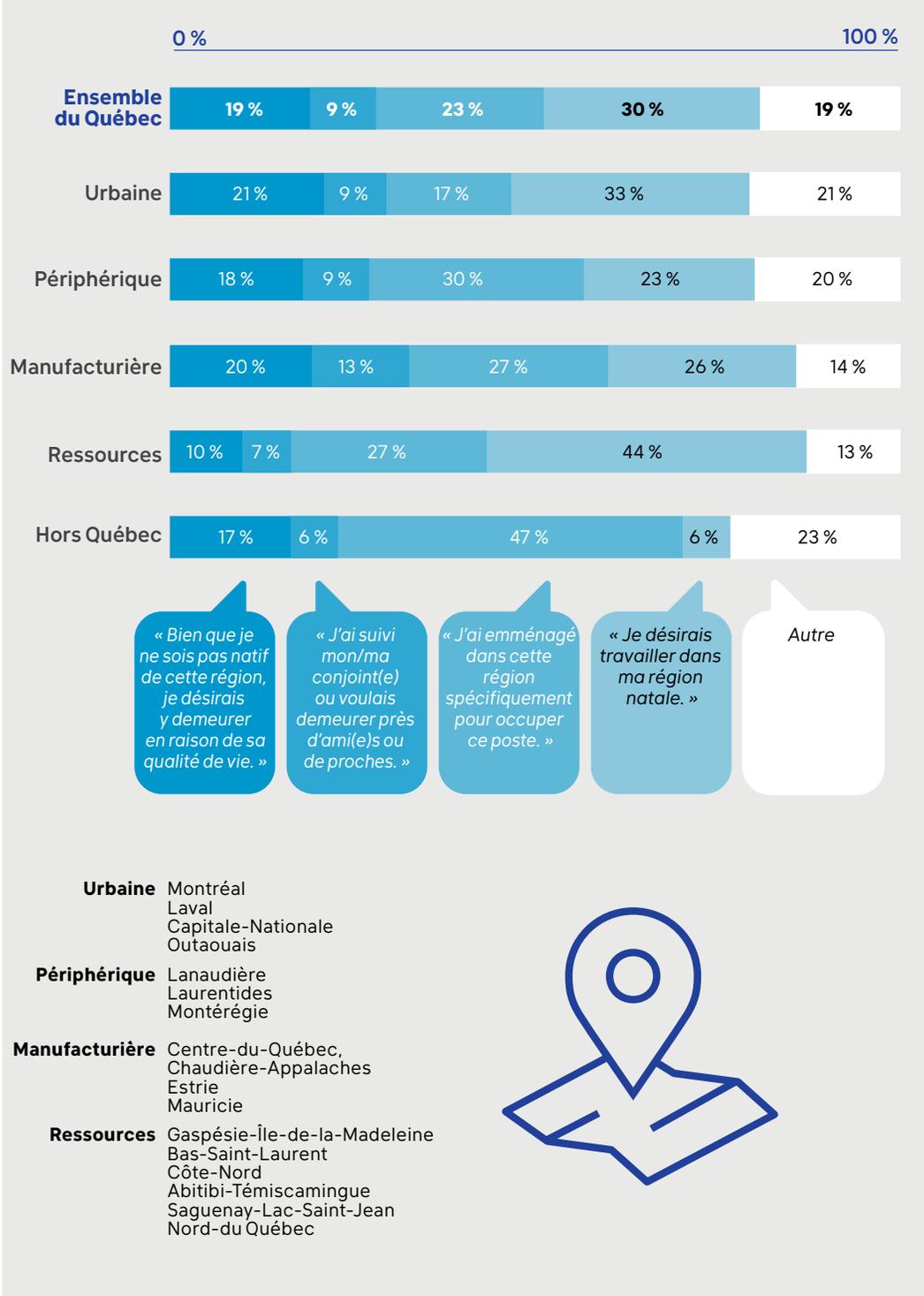
Près de la moitié (44%) des ingénieurs qui travaillent dans les régions ressources ont fait le choix conscient de retourner dans leur région natale pour y travailler. Ceux qui sont basés dans les régions périphériques ont par ailleurs fait le choix d'emménager dans leur région spécifiquement pour occuper leur poste.

**46% des étudiants en génie comptent
choisir leur région de travail en fonction
de la qualité de vie qu'elle offrira**

SCHÉMA 7

Dans quel contexte avez-vous été amené à occuper un poste dans cette région ?

2020; n = 3 206 répondants



Sources: Enquête auprès des membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec (4 au 20 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 2020.

Concernant les caractéristiques des emplois recherchées, les ingénieurs privilégient l'éthique et la culture organisationnelle, suivi par le travail collaboratif inhérent aux fonctions, et au salaire qui se classe au troisième rang. L'éthique et la culture organisationnelle se classe première à la fois pour les travailleurs âgés de moins et plus de 45 ans, mais elle s'avère plus importante pour les plus expérimentés. Les plus jeunes sont quant à eux davantage interpellés par les salaires que les plus âgés. Les possibilités d'innovation du poste et les technologies offertes par l'employeur sont moins valorisées, mais intéressent davantage les membres plus âgés.

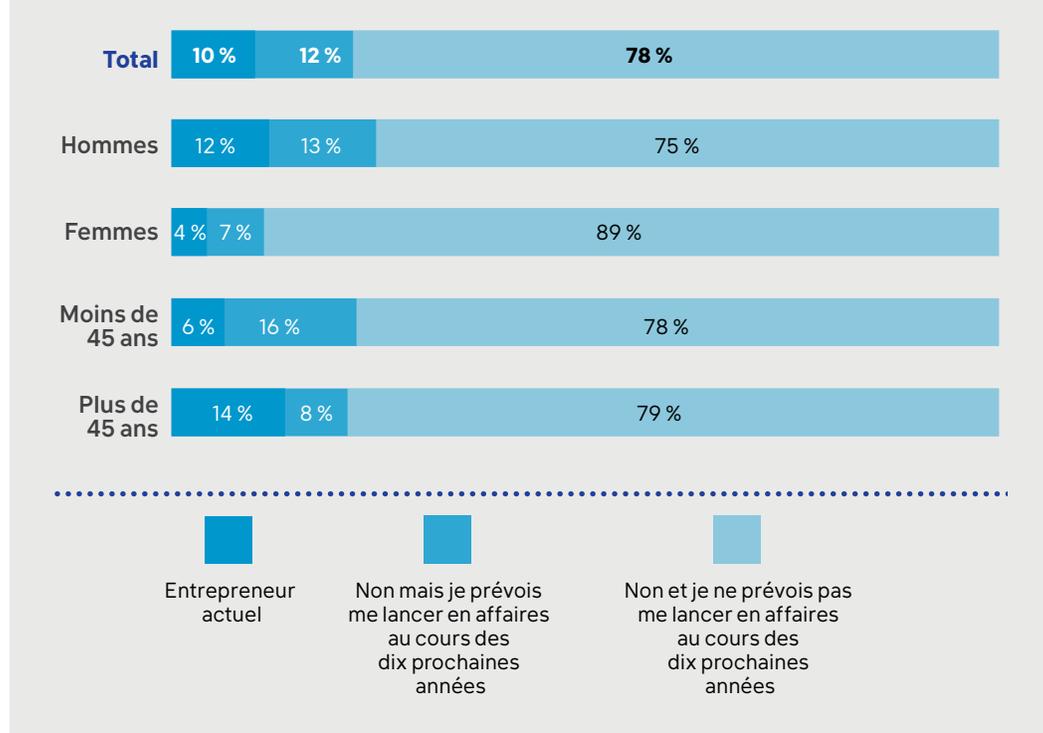
En ce qui a trait aux aspirations entrepreneuriales, 12% des répondants prévoient se lancer en affaires au cours des dix prochaines années alors que 10% se disent actuellement entrepreneurs. C'est donc 22% des répondants qui présentent des intentions entrepreneuriales, ce qui est légèrement plus élevé que le taux de 20% des adultes québécois⁴. L'entrepreneuriat est davantage populaire chez les hommes, alors que 25% disent l'être ou prévoir l'être, contre 11% pour les femmes. Il ne semble toutefois pas y avoir de différence entre les plus âgés et les plus jeunes.

22 %

des professionnels
en génie ont
des intentions
entrepreneuriales

SCHÉMA 8
**Répartition des répondants en vertu
des aspirations entrepreneuriales**

2020; en % du total, n = 3 206 répondants

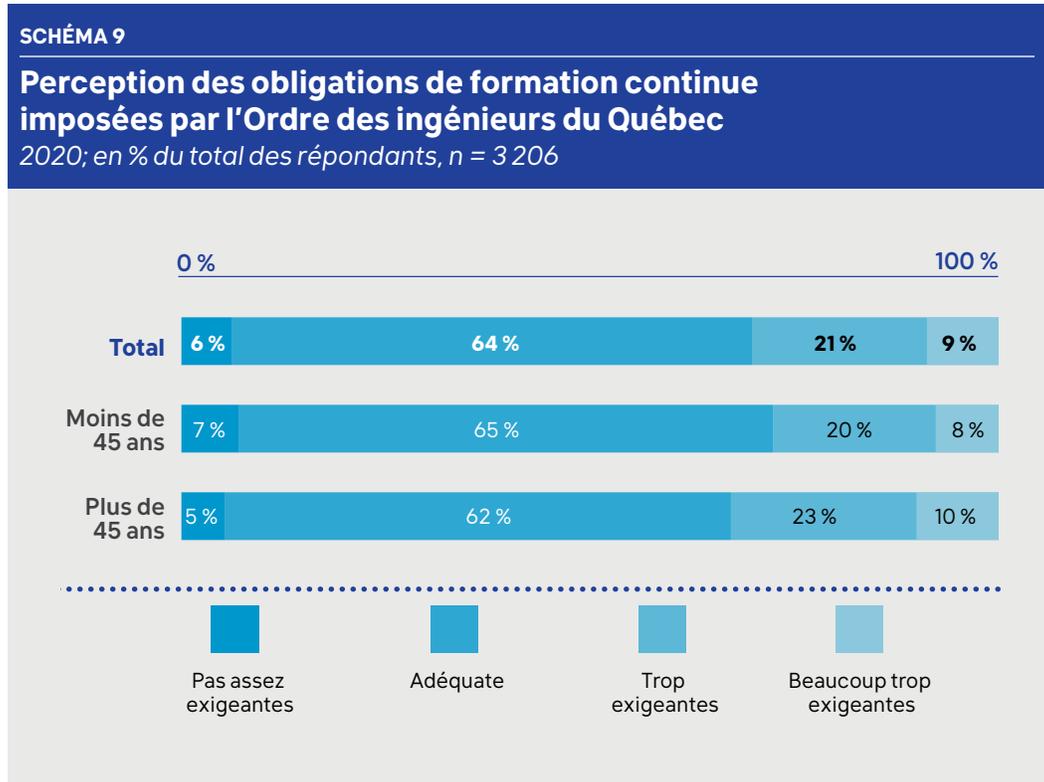


Sources : Enquête auprès des membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec (4 au 20 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 2020

4 Institut de l'entrepreneuriat, "Entreprendre à travers les générations au Québec", 2019.

Les répondants qui ont étudié le génie minier sont, toutes proportions gardées, les plus nombreux à vouloir se lancer en affaires au cours des dix prochaines années (19%) alors que 10% sont présentement entrepreneurs. Ceux ayant étudié le génie informatique et logiciel sont également plus intéressés par l'entrepreneuriat, alors que 28% sont entrepreneurs ou comptent le devenir, comparativement à 26% pour le génie physique et 25% pour les génies industriel et aérospatial.

En matière de formation continue, les obligations imposées par l'OIQ sont considérées adéquates par plus des deux tiers des répondants. 30% les trouvent néanmoins trop ou beaucoup trop exigeantes.



Sources: Enquête auprès des membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec (4 au 20 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 2020

Il s'avère pertinent de noter que la pandémie de COVID-19 aura forcé plusieurs établissements à se tourner vers le numérique pour poursuivre leurs activités et offrir la formation continue de manière décentralisée. L'accroissement de l'offre de formation continue en ligne et disponible dans toutes les régions pourrait constituer un héritage positif de la pandémie.

1.5.

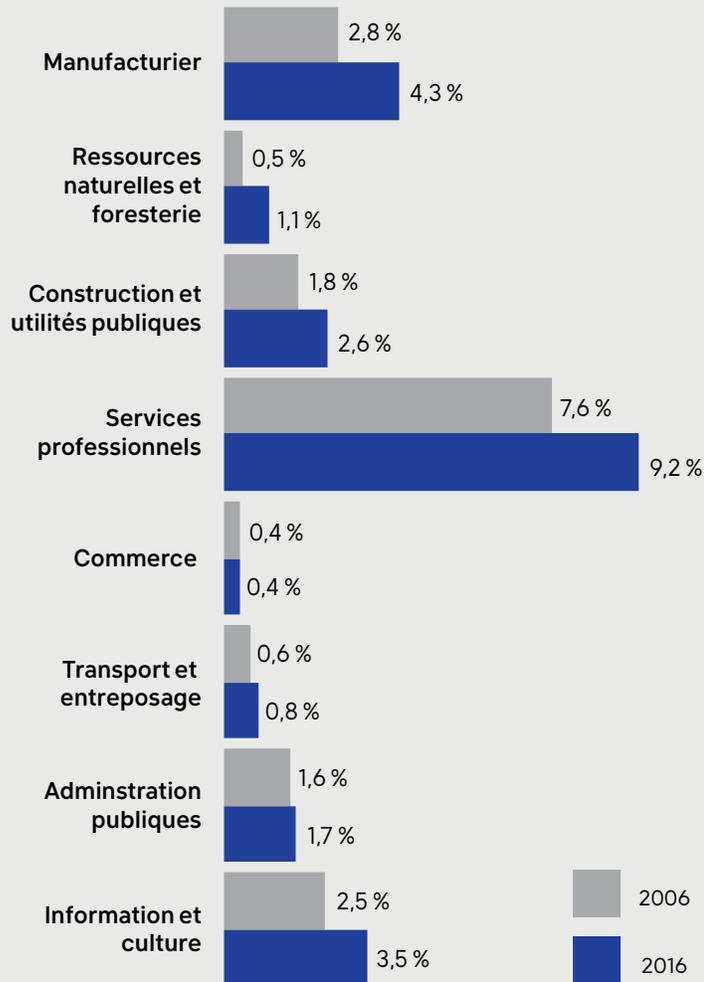
Les professionnels en génie dans l'économie québécoise

En plus d'analyser les différentes pratiques ainsi que la présence des professionnels diplômés en génie dans les secteurs de l'économie, il importe d'apporter un regard sur la profession par rapport à l'économie québécoise et des différentes régions. On remarque en premier lieu que ces emplois occupent une part plus importante dans les régions urbaines. À Montréal et dans les régions périphériques, entre 1,7 % et 2,5 % des emplois sont constitués par les professions du génie. Ce pourcentage atteint un creux de 0,3 % dans le Nord-du-Québec ainsi qu'en Gaspésie. Cependant, les données sont recensées en fonction du lieu de résidence, ce qui pourrait biaiser le résultat obtenu pour les régions où la mobilité est plus facile et pour celles plus éloignées dans lesquelles les emplois avec du « *fly-in, fly-out* » sont monnaie courante.

SCHÉMA 10

Évolution de la part des professionnels en génie dans l'emploi selon le secteur

Québec, 2006 et 2016, en %

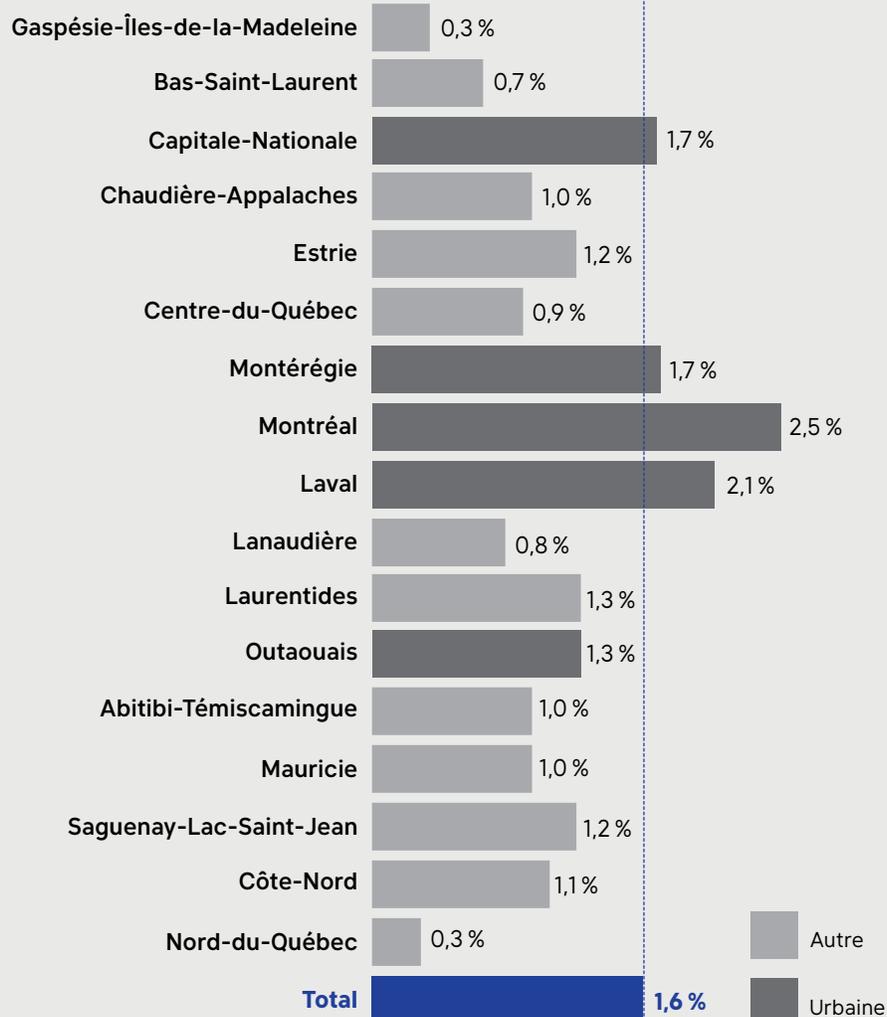


Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

SCHÉMA 11

Part de l'emploi occupé par les professionnels en génie

Québec, 2016, en % du total



Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

En 2016, les professionnels diplômés en génie se concentrent principalement dans les secteurs des services professionnels (9,2%), manufacturier (2,8%), information et culture (3,5%), ainsi que la construction et les services d'utilité publique (2,6%). La profession gagne en importance au sein de l'économie depuis 2006. Les avancées technologiques, par exemple dans le domaine manufacturier, de l'information et de la culture, requièrent l'expertise de l'ingénieur. La part des emplois occupés par des professionnels en génie est donc en progression dans ces secteurs.

Une analyse des secteurs dans les différentes régions permet de cibler par exemple que l'apport des ressources naturelles et du secteur manufacturier est généralement plus fort hors des centres urbains. À l'inverse, les services professionnels ainsi que les professionnels en génie dans la construction et les utilités publiques sont assez bien répartis à travers les régions du Québec. Sans surprise, ceux en administration publique occupent une part plus forte de la profession en Outaouais, dans la Capitale-Nationale ainsi que dans certaines régions moins centrales.

On remarque de fortes croissances dans le nombre de professionnels œuvrant dans l'ingénierie dans certaines régions, particulièrement en Estrie, le Centre-du-Québec et les Laurentides. À l'opposé, Montréal, Laval la Montérégie, l'Outaouais et le Bas-Saint-Laurent se distinguent en ayant des taux de variation négatifs. Les secteurs forts des différentes régions jouent un grand rôle dans l'évolution du domaine, certaines industries réalisent de plus fortes croissances lors des dernières années alors que d'autres demeurent plus constantes. À cet égard, l'Outaouais se présente comme un bon exemple : la forte présence de professionnels en génie travaillant dans l'administration publique, un secteur relativement stable, permet de maintenir la force de travail malgré les grandes fluctuations économiques, ce qui peut constituer un facteur d'attraction significatif. Pour l'ensemble des régions, les professionnels du domaine affichent un taux de chômage inférieur à celui de l'économie régionale, ce taux se trouve également inférieur au taux de chômage pour tout le Québec.

L'Annexe 1 présente en détail la présences des professionnels en génie selon les régions et les domaines de pratique.

TABLEAU 3

Statistiques régionales sur les professionnels en génie

Région	Part des professionnels en génie	Variation annuelle*	Part de femmes	Taux de chômage des professionnels en génie	Pratiques plus importantes
Gaspésie IDLM	0,3 %	↑ 0,08 %	10 %	8 %	Civil, électrique, mécanicien
Bas-Saint-Laurent	1,0 %	↓ -0,05 %	12 %	3 %	Civil, mécanicien, électrique
Capitale Nationale	9,0 %	↑ 0,16 %	19 %	2 %	Informaticien, civil, mécanicien
Chaudière Appalaches	3,2 %	↑ 0,05 %	11 %	2 %	Civil, informaticien, mécanicien
Estrie	3,3 %	↑ 0,13 %	16 %	2 %	Mécanicien, civil, électrique
Centre du Québec	2,0 %	↑ 0,17 %	13 %	2 %	Mécanicien, civil, électrique
Montérégie	21,1 %	↓ -0,07 %	15 %	2 %	Mécanicien, électrique, informaticien
Montréal	33,9 %	↓ -0,08 %	16 %	4 %	Informaticien, mécanicien, civil
Laval	6,6 %	↓ -0,23 %	15 %	2 %	Civil, informaticien, mécanicien
Lanaudière	3,3 %	↑ 0,04 %	11 %	1 %	Mécanicien, civil, informaticien
Laurentides	6,2 %	↑ 0,06 %	14 %	2 %	Civil, mécanicien, électrique
Outaouais	2,8 %	↓ -0,14 %	13 %	2 %	Informaticien, civil, électrique
Abitibi-Témiscamingue	1,4 %	↑ 0,04 %	14 %	4 %	Mécanicien, civil, électrique
Mauricie	2,1 %	↑ 0,03 %	16 %	2 %	Civil, mécanicien, électrique
Saguenay LSJ	2,9 %	↑ 0,04 %	12 %	3 %	Mécanicien, civil, électrique
Côte-Nord	0,1 %	↑ 0,11 %	22 %	4 %	Civil, mécanicien, électrique
Nord du Québec	0,1 %	↑ 0,11 %	8 %	<1 %	Civil, mécanicien, industriel
QUÉBEC	100 %	↓ -0,02	16 %	3 %	Civil, informaticien, mécanicien

* TCAC pour les années de 2006 à 2016

Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

1.6.

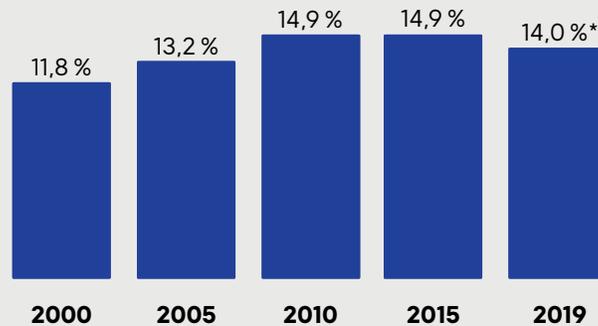
Les femmes en ingénierie

Le domaine de l'ingénierie compte une proportion de près de 15 % de femmes selon le recensement de 2016. La part des femmes a crû depuis les années 2000, alors que les femmes représentaient moins de 12% des effectifs. Ces proportions n'incluent pas les professionnelles en informatique diplômées en génie en raison de la disponibilité des données historiques. En incluant ces professionnelles, la proportion de femmes monte à 16%. Les données sur la diplomation semblent indiquer que la situation continue de s'améliorer puisqu'on dénombre de plus en plus de diplômées. Cependant, les femmes sont plus représentées dans des formations associées au deuxième ou troisième cycle, et leur entrée sur le marché du travail peut s'en trouver retardée. L'Ordre souscrit à l'objectif d'Ingénieurs Canada de faire en sorte que 30 % des nouveaux professionnels en génie soient des femmes en 2030⁵.

SCHÉMA 12

Part des femmes dans les professions des professionnels en génie de type classique

Québec, 2000 à 2019, en % du total



* Les postes de directions sont exclus en raison de la non-disponibilité des données.

Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

Entre 2011 et 2016, le nombre de directrices de services de génie a crû de près de +41 %, une augmentation bien supérieure aux hommes dont la croissance se chiffre à +7 % pour la même période⁶. Pourtant, les femmes ne forment que 20 % des directrices de services de génie.

Les femmes professionnelles en génie sont davantage portées à travailler au sein des administrations publiques, alors que 11,8 % d'entre elles optent pour ce secteur, comparativement à 6,8 % pour les hommes. À l'opposé, elles semblent moins attirées que les hommes par le secteur manufacturier et les services professionnels. En ce qui a trait aux salaires, les postes de gestionnaire en ingénierie présente l'écart salarial entre les hommes et les femmes le plus élevé, alors que les postes dans les pratiques de génie informatique et logiciel affichaient un écart salarial égal ou plus faible à 13 %.

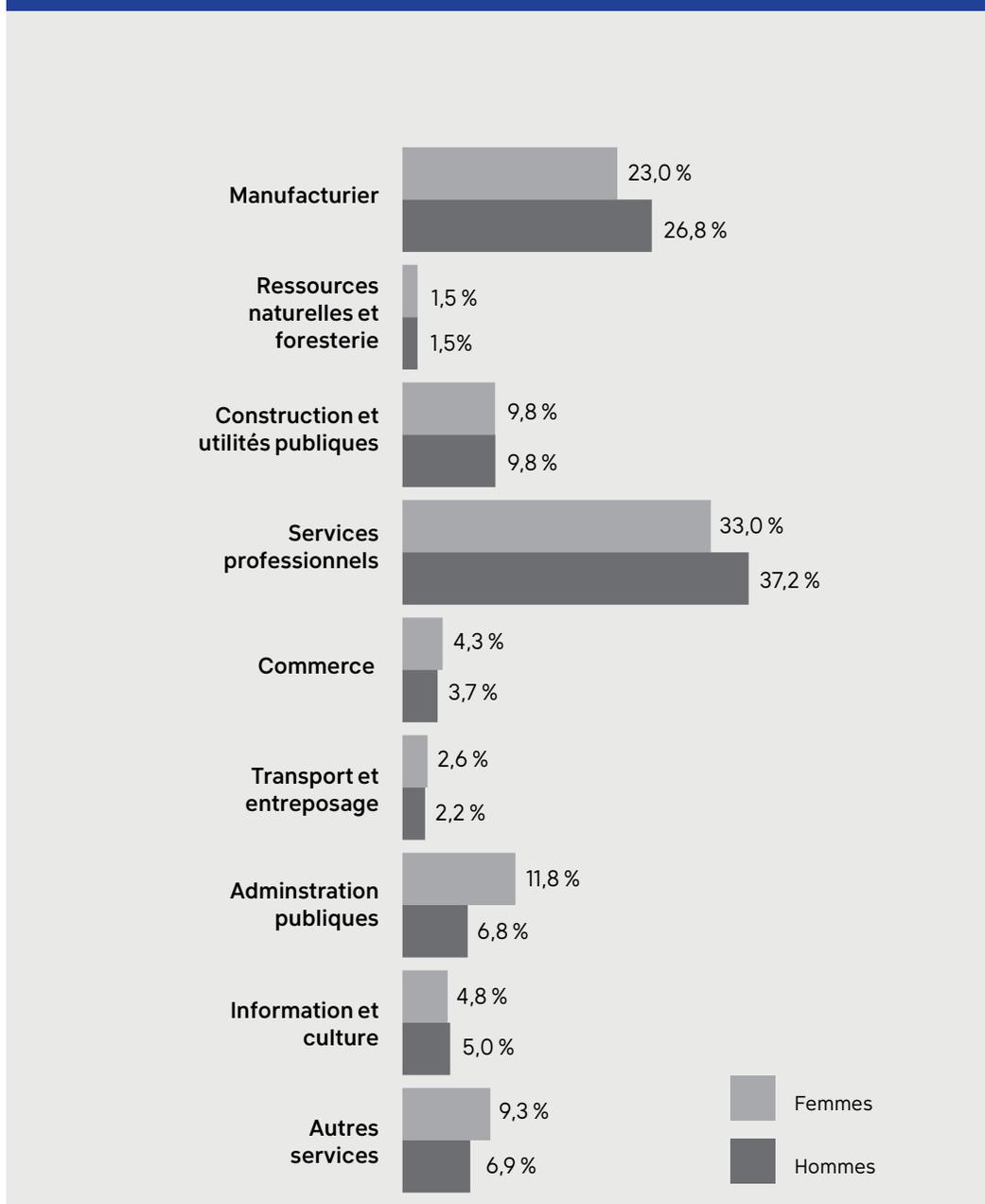
⁵ Initiative 30 en 30 d'Ingénieurs Canada.

⁶ Statistique Canada, Recensement 2011 et 2016.

SCHÉMA 13

Répartition des professionnels en génie à travers les industries selon leur sexe – excluant les professionnels en génie informatique et logiciel

Québec, 2016, en % du total



Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

Bien que les femmes œuvrant dans ce domaine demeurent minoritaires dans tous les secteurs économiques, leur part est plus importante dans certains domaines qui comportent des professions plus traditionnellement perçues comme « féminines ». Par exemple, 26 % des professionnels en génie en soins de santé sont des femmes ainsi que 21 % en enseignement.

1.7.

L'immigration en ingénierie

Les immigrants comptent pour près du quart des professionnels en génie. On remarque toutefois qu'ils sont proportionnellement moins nombreux dans les postes de directeurs de services d'ingénierie.

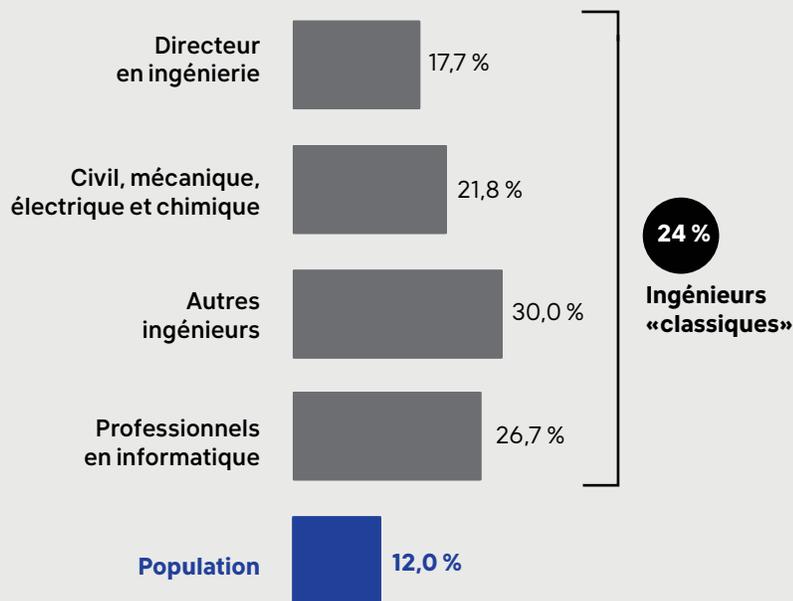
Sur la base des données de l'OIQ, 12,5 % des ingénieurs ont été formés hors du Canada. En faisant un lien entre l'immigration et le lieu de formation, cela pourrait indiquer qu'au minimum, la moitié des immigrants aurait reçu sa formation universitaire au Québec.

L'analyse de la rémunération des professionnels en génie issus de l'immigration montre un écart inférieur entre 5% et 15 % par rapport aux non-immigrants. Cet écart salarial est significativement plus faible pour l'ensemble des travailleurs détenant un diplôme universitaire. En effet, les immigrants détenteurs d'un diplôme de premier, deuxième ou troisième cycle, toutes professions confondues, ont un salaire qui est près de 24 % plus faible que celui des non-immigrants.

SCHÉMA 14

Part des immigrants selon la pratique de génie – 15 ans et plus

Québec, 2016, en % du total



Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

1.8.

Portrait de la relève

Au Québec, on compte une quinzaine de disciplines de génie pour lesquelles les étudiants peuvent acquérir la formation universitaire spécifique nécessaire à l'exercice de la profession d'ingénieur. Pour l'année 2019-2020, on dénombre plus de 9 000 diplômés dans des programmes de génie de premier, deuxième et troisième cycles. Les étudiants des 2^e et 3^e cycles composent 40 % des effectifs.

Le nombre de diplômés s'est avéré croissant au cours des dernières années. Les programmes de génie informatique et logiciel se distinguent avec un taux de croissance particulièrement élevé de l'ordre de +10,1 % par an en moyenne entre 2015-2016 et 2019-2020. Les programmes du génie chimique et génie mécanique affichent des taux de croissance annuels de +5,7 % et +4,8 %, respectivement.

On constate que le programme du génie informatique et logiciel est le plus populaire, offrant deux fois plus de diplômés que le génie civil, au deuxième rang. Les programmes du génie mécanique et génie électrique comptent également parmi les programmes importants. Le nombre de diplômés est en croissance pour tous les programmes. Seuls les programmes de génie électrique et génie physique sont demeurés plutôt stables. Il est intéressant de noter que plus de 50 % des diplômés des programmes de génie aérospatial, génie biologique et biomédical et le génie agricole sont de cycles supérieurs.

À 21 % selon les données du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur du Québec, la part des femmes parmi les diplômés est plus élevée que leur représentation dans la force de travail. Leur part dans la diplomation est passée de 20,4 % en 2015-2016 à 21,4 % en 2019-2020. En absolu, c'est plus de 500 nouvelles diplômées en génie. On remarque cependant que la part des femmes pour le génie informatique ou logiciel demeure faible malgré la montée de la popularité de ces programmes. Finalement, on constate une plus forte représentation des femmes en cycles supérieurs qu'au baccalauréat, représentant 19 % de ce dernier contre 25 % des étudiants en maîtrise ou doctorat de génie.

+35 %

d'immigrants
en génie

**Les immigrants
composent environ 12 %
de la population totale,
mais représentent 35 %
des diplômés en génie
au Québec.**

TABLEAU 4

Statistiques sur les diplômés au Québec

Formation	Nombre de diplômés		Croissance (TCAC)*	2 ^e ou 3 ^e cycle (en %)	Femmes (en %)	Immigrants (en %)
	2015-2016	2019-2020				
Génie aérospatial	120	145	3,9 %	69 %	20 %	45 %
Génie agricole	101	117	3,0 %	51 %	45 %	50 %
Génie alimentaire	9	12	n.d. %	0 %	56 %	38 %
Génie biologique et biomédical	125	139	2,1 %	57 %	48 %	14 %
Génie chimique	254	330	5,4 %	35 %	43 %	35 %
Génie civil	1 418	1 602	2,5 %	37 %	27 %	45 %
Génie des pâtes et papiers	3	3	n.d. %	100 %	29 %	31 %
Génie électrique	1 005	1 002	-0,1 %	46 %	15 %	37 %
Génie géologique	59	67	2,6 %	37 %	36 %	31 %
Génie industriel	501	629	4,7 %	37 %	30 %	28 %
Génie informatique et logiciel	1 770	2 870	10,1 %	33 %	20 %	n.d. %
Génie mécanique	1 232	1 555	4,8 %	31 %	14 %	70 %
Génie minier	107	122	2,3 %	30 %	19 %	46 %
Génie nucléaire	9	35	n.d. %	100 %	28 %	18 %
Génie physique	87	90	0,7 %	29 %	17 %	51 %
Autres formations en génie	423	474	2,3 %	97 %	25 %	40 %
TOTAL / MOYENNE	7 223	9 192	4,9 %	40 %	21 %	35 %

*Un taux de croissance annuel composé n'est pas disponible pour les programmes comptant moins de 50 étudiants

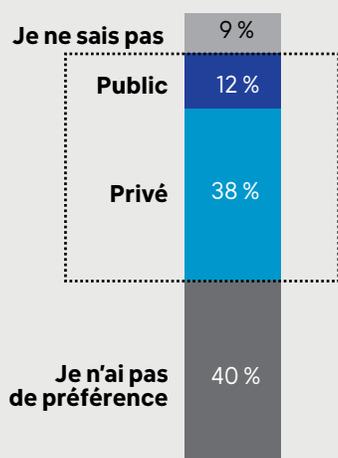
Source : Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, Analyses Aviseo Conseil

Un sondage administré aux étudiants en génie dans le cadre du présent mandat nous a permis d'en apprendre davantage sur leurs aspirations et attentes. Les industries traditionnelles dans lesquelles œuvrent les professionnels en génie comme les services professionnels, scientifiques et techniques, de même que l'industrie manufacturière et la construction constituent les secteurs les plus attractifs auprès des étudiants de génie pour leur future carrière. L'intérêt personnel et les convictions (42%), de même que la mission et les défis à relever (30%) sont les principales raisons pour lesquelles un étudiant aimerait pratiquer dans une industrie donnée. À noter que le salaire (3%) n'a que très peu d'incidence sur le choix de l'industrie. L'enquête révèle néanmoins que le

salaire a une incidence majeure relativement au choix de l'étudiant d'œuvrer dans le secteur privé ou public. Le secteur privé s'avère plus attractif avec 38% des répondants qui préféreraient une carrière dans ce secteur, comparativement à 12% dans le secteur public, les autres répondants n'ayant pas de préférence. Parmi les étudiants qui visent une carrière dans le secteur privé, 25% affirment que la raison principale de leur choix est le salaire. Il s'agit de la troisième raison en importance après les défis à relever (31%), et la culture organisationnelle (28%). Les étudiants qui visent une carrière dans le secteur public invoquent leurs convictions personnelles (38%) et la sécurité d'emploi (29%).

SCHÉMA 15
Préférences des étudiants de génie quant à une carrière dans le secteur public ou privé et raisons de ce choix
Préférences des étudiants de génie quant à une carrière dans le secteur public ou privé

En % du nombre total de répondants, n = 342


Raison principale qui explique le choix entre le secteur privé ou public

En % du nombre de répondants dans chaque catégorie, n = 342



■ Préférence pour le **public**

■ Préférence pour le **privé**

Sources: Enquête auprès des étudiants en génie des universités québécoises (9 au 27 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 2020

SCHÉMA 16

Choix de deux Industries qui intéressent le plus les étudiants en génie pour faire carrière

En % du nombre total de répondants, n = 342*



* Deux réponses par répondant permises

Sources: Enquête auprès des étudiants en génie des universités québécoises (9 au 27 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 2020

Quant aux caractéristiques recherchées pour le choix d'un poste précis, l'éthique et la culture de l'organisation se hisse au premier rang du palmarès. Il s'agit d'une caractéristique particulièrement importante pour les étudiants en génie civil et mécanique. Les possibilités d'innovation occupent le deuxième rang et ce sont les étudiants en génie industriel et mécanique qui recherchent davantage cette facette lors de leur chasse à l'emploi. Finalement, le travail collaboratif s'impose au troisième rang, et ce sont encore une fois les étudiants en génie industriel qui sont les plus interpellés par cet aspect d'un emploi.

SCHÉMA 17

Degré d'importance de certaines caractéristiques pour le choix de l'emploi futur

2020; Mesuré sur une échelle de 0 à 10, (10 = très important), n = 342

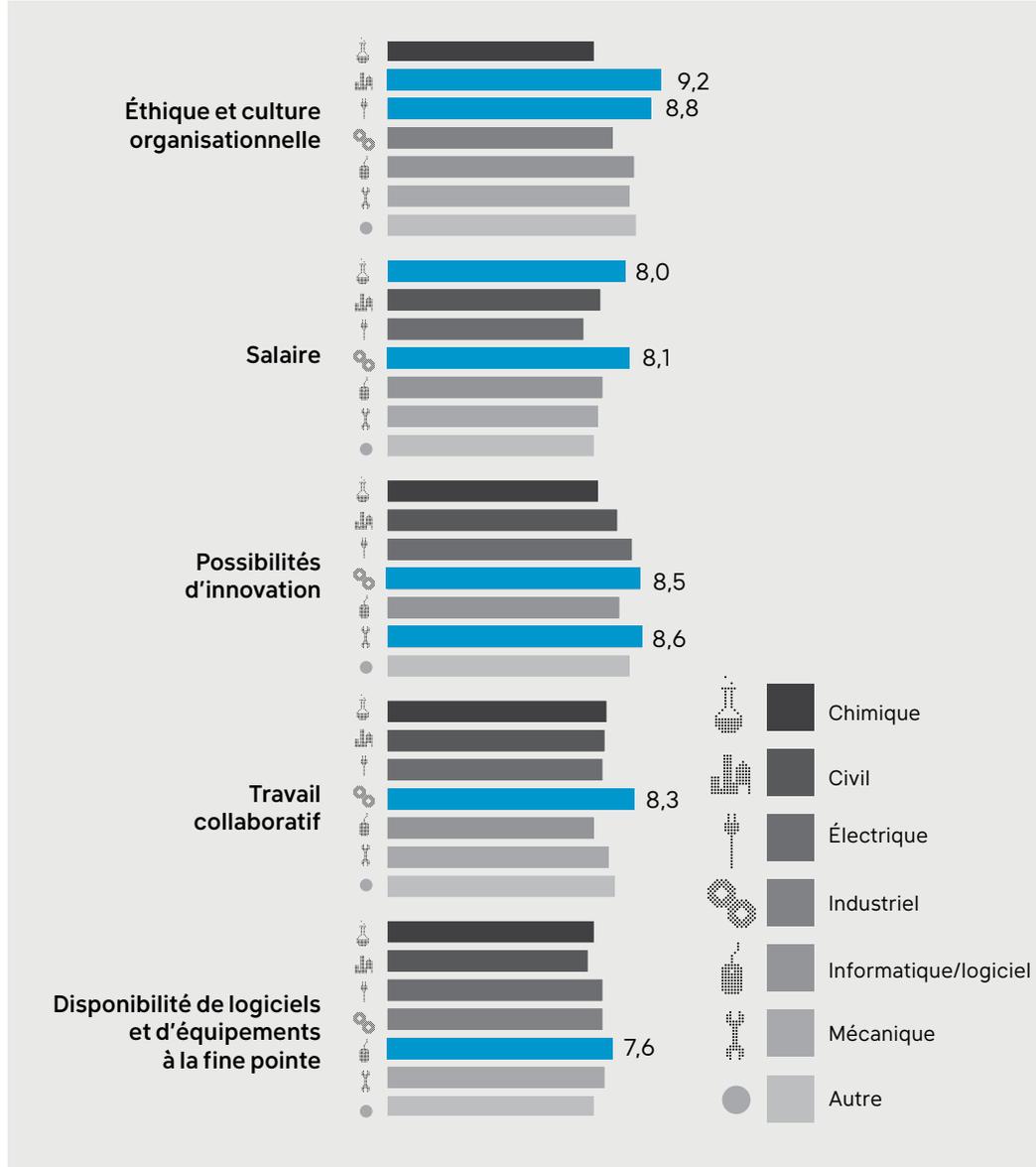


Sources: Enquête auprès des étudiants en génie des universités québécoises (9 au 27 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 2020

SCHÉMA 18

Degré d'importance de certaines caractéristiques pour le choix de l'emploi futur, par domaine de génie étudié

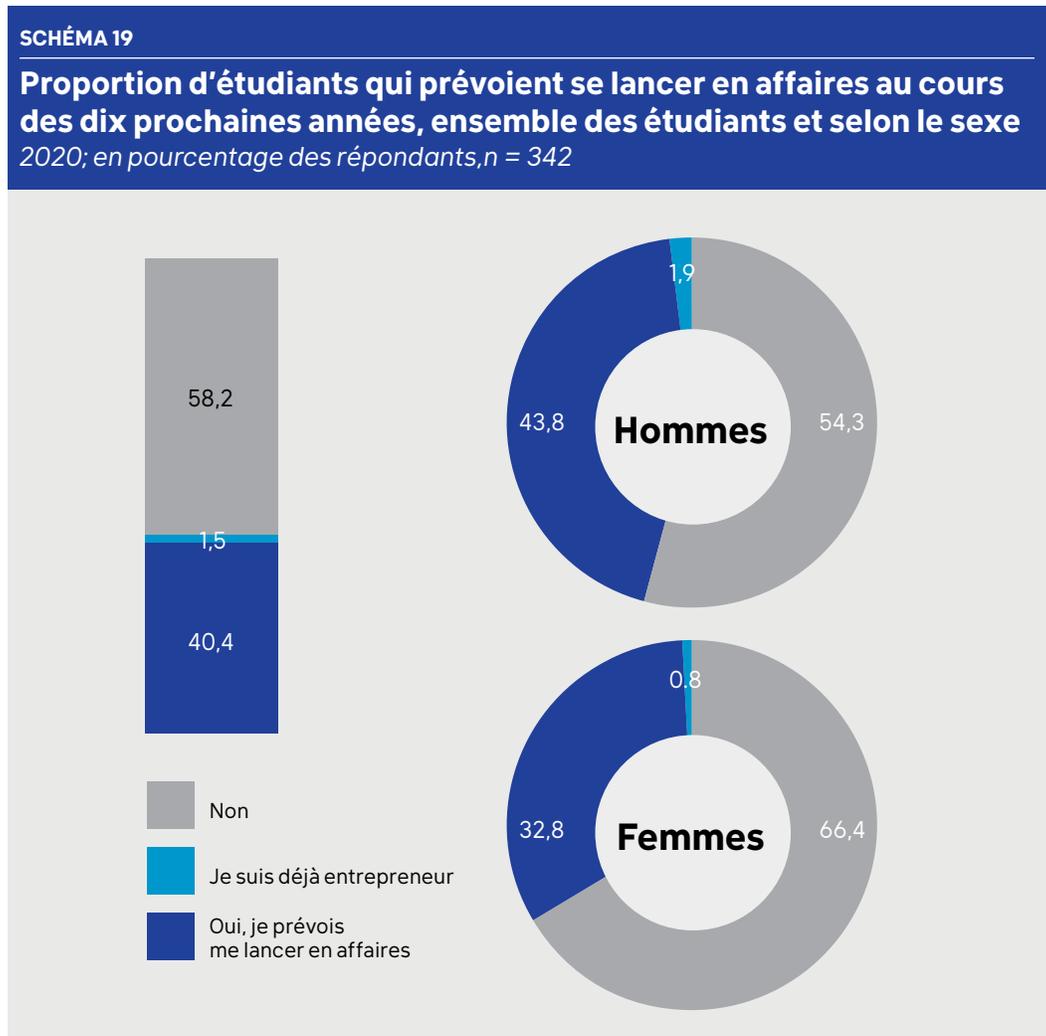
2020; Mesuré sur une échelle de 0 à 10, (10 = très important), n = 342



Sources: Enquête auprès des étudiants en génie des universités québécoises (9 au 27 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 2020

L'entrepreneuriat était une autre dimension enquêtée aux termes du sondage auprès des étudiants de génie. 40,4% des répondants prévoient se lancer en affaires au cours des dix prochaines années, alors que 1,5% se disent déjà entrepreneurs. La fibre entrepreneuriale est plus forte chez les étudiants que les membres de l'OIQ, dont 10% se sont désignés entrepreneurs aux termes de notre sondage, et 12% prévoient se lancer en affaires.

Chez les étudiants, les hommes sont nettement plus attirés par l'entrepreneuriat que les femmes, et les domaines du génie industriel, génie logiciel et informatique sont ceux où la fibre entrepreneuriale est la plus forte. Plus d'un étudiant sur deux dans ces disciplines est entrepreneur ou prévoit le devenir.

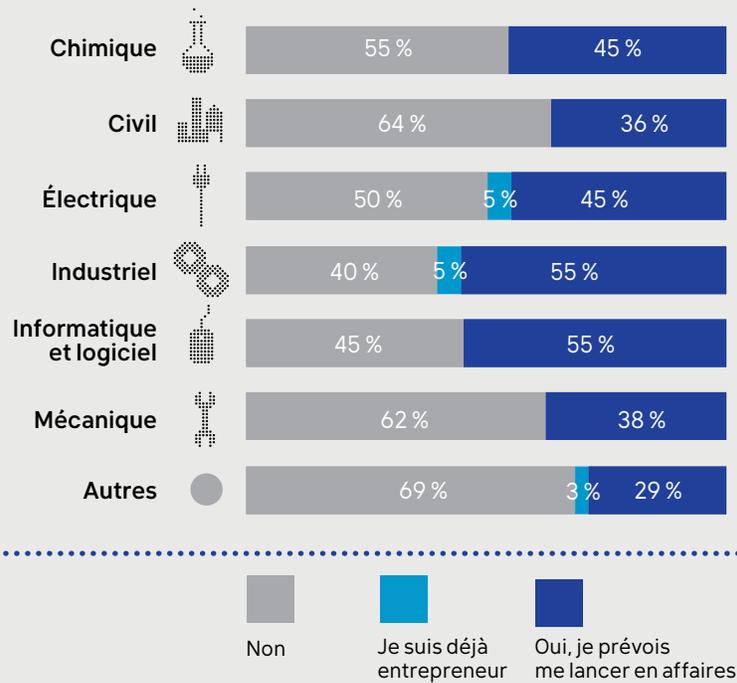


Sources: Enquête auprès des étudiants en génie des universités québécoises (9 au 27 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 2020

SCHÉMA 20

Proportion d'étudiants qui prévoient se lancer en affaires au cours des dix prochaines années, par domaine d'études

2020; en pourcentage des répondants de chaque catégorie, n = 342



Sources: Enquête auprès des étudiants en génie des universités québécoises (9 au 27 novembre 2020),
Analyses Aviseo Conseil 2020

1.9.

Le génie et le groupe STGM

Au Québec, le groupe des Sciences, Technologies, Génie et Mathématiques (STGM) est formé à 26 % de professionnels diplômés en génie. Leur taux d'emploi atteint les 84,4 %, ce qui se compare avantageusement à celui des autres sous-groupes, celui des sciences et des mathématiques s'élevant à 79,9% et 83,6% respectivement. D'un point de vue global, les professionnels du groupe STGM affichent un taux d'emploi plus élevé que celui d'autres groupes auxquels ils sont souvent comparés, comme les professionnels en Santé, Arts, Communications, Sciences Humaines, Éducation et Sciences Sociales, (SACHES). Ce dernier groupe montre un taux d'emploi de 80,9 %.

L'analyse de la situation des femmes au sein du groupe STGM montrent que leur situation est moins favorable que celle des hommes. Elles affichent un taux d'emploi inférieur de 8,6 points de pourcentage. Cet écart se révèle le plus important parmi les groupes étudiés. Pour le groupe SACHES, cet écart se situe à 2,5 points de pourcentage.

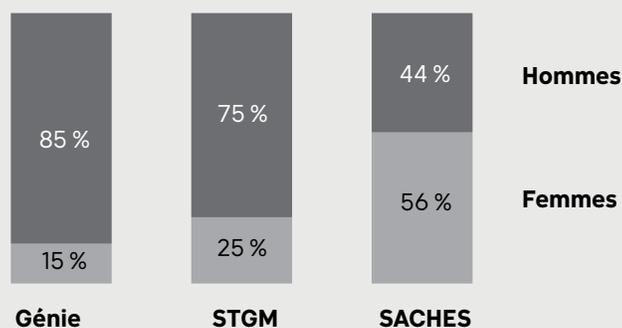
Les professions du groupe SACHES affichent la répartition la plus égale entre les deux sexes, avec une part de personnes en emploi de 44 % pour les hommes, contre 56% pour les femmes. La situation est significativement différente pour les professions STGM, avec une répartition de 75 % pour les hommes et de 25 % pour les femmes. Tel qu'indiqué antérieurement dans cette étude, la différence est encore plus exacerbée pour les professionnels en génie, soit 85 % hommes et 15 % femmes.

Tel que constaté ci-haut, les immigrants forment une partie importante des professionnels en génie, soit le quart des effectifs. Cette situation est également observable pour le groupe STGM dans son ensemble. 27 % de personnes en emploi faisant partie du groupe STGM sont immigrants.

SCHÉMA 21

Répartition de personnes en emploi selon le sexe - 25 à 64 ans

Québec, 2016, en % du total

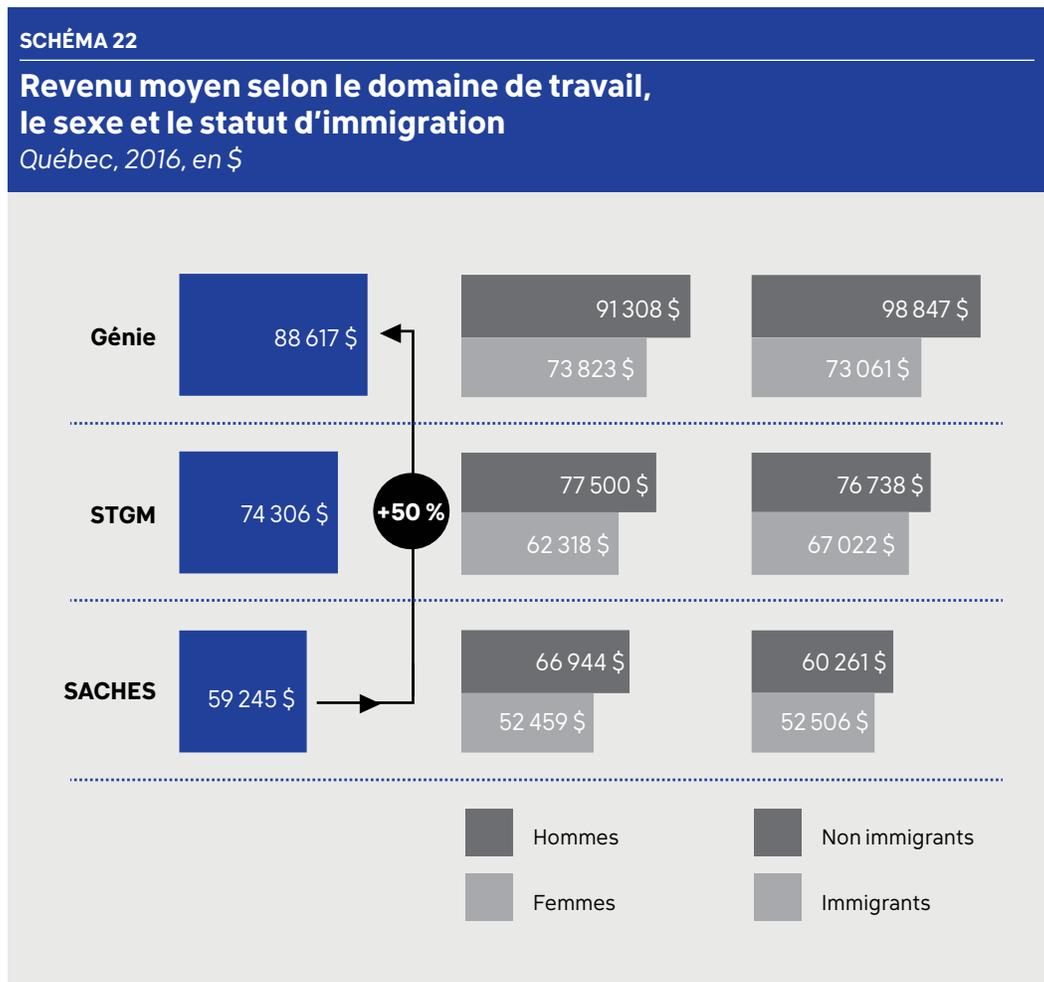


Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

Malgré l'apport des immigrants dans les domaines étudiés, on retrouve des écarts en ce qui a trait au taux d'emploi et au taux de chômage. Cet écart est plus aigu au sein du groupe de génie qu'au sein des groupes STGM et SACHES.

Les salaires moyens chez les professionnels du groupe STGM sont élevés, ce qui rend les professions particulièrement attrayantes. Ils s'élèvent en moyenne à 74 306 \$, ce qui est de 50 % supérieur au salaire moyen du groupe SACHES. Parmi les professions en STGM, c'est la profession de génie qui génère les plus hauts salaires, avec un salaire moyen de 88 617 \$.

Néanmoins, les inégalités de revenus entre les sexes et statut d'immigrant ou non-immigrant persistent au sein du groupe STGM. Les femmes gagnent des revenus 20 % inférieurs aux hommes, et les immigrants gagnent des revenus 13% inférieurs aux non-immigrants.



Sources : Statistique Canada, Analyses Aviséo Conseil

1.10.

Analyse des membres de l'OIQ

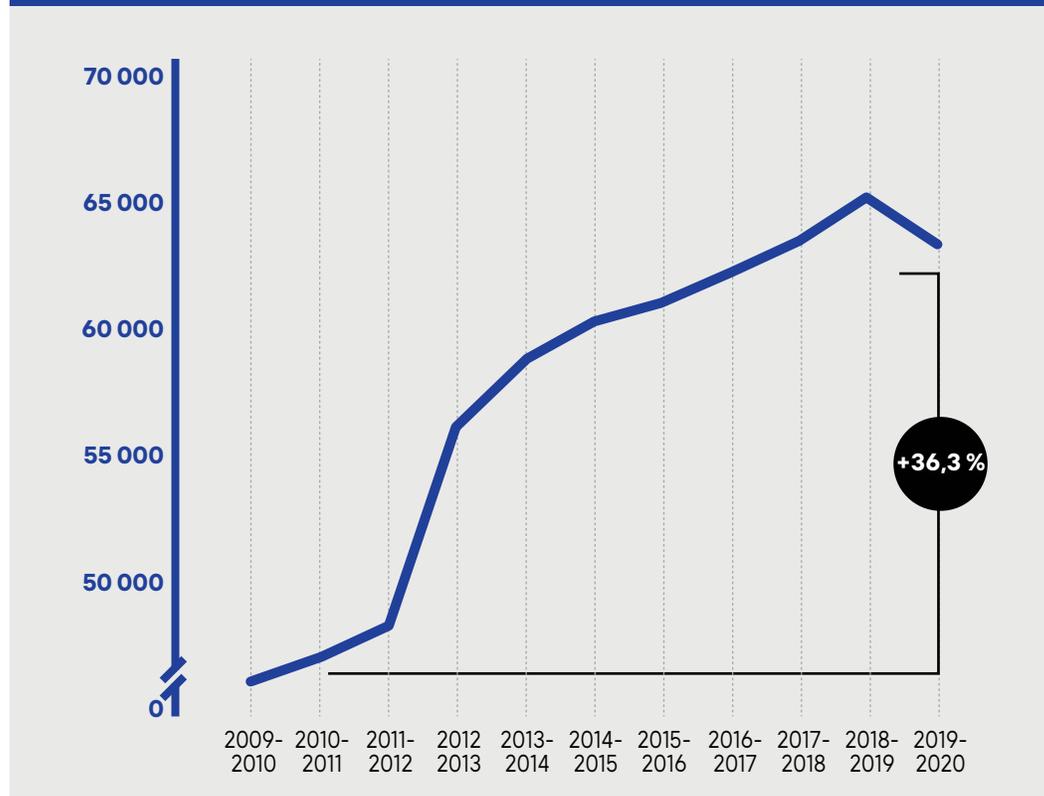
L'OIQ encadre la profession d'ingénieurs au Québec et compte 62 495 membres. Ses effectifs sont stables depuis 2015-2016.

Pour certaines spécialisations, le taux d'adhésion à l'OIQ s'approche de 100%. Au sein des membres, une proportion de 3,2 % à 6,4 % des effectifs porte le titre d'ingénieur informatique alors que l'on estime que les professionnels en informatique possédant un diplôme en génie représentent 28 % des professionnels en génie sur le marché du travail en 2019.

SCHÉMA 23

Évolution des membres de l'ordre

Québec, 2009-2020, en nombre



Sources : Ordre des ingénieurs, Analyses Aviseo Conseil

La composition des effectifs de l'OIQ à l'égard des femmes et des hommes est relativement similaire à celle des données de recensement, les femmes composant ainsi environ 15 % des effectifs.

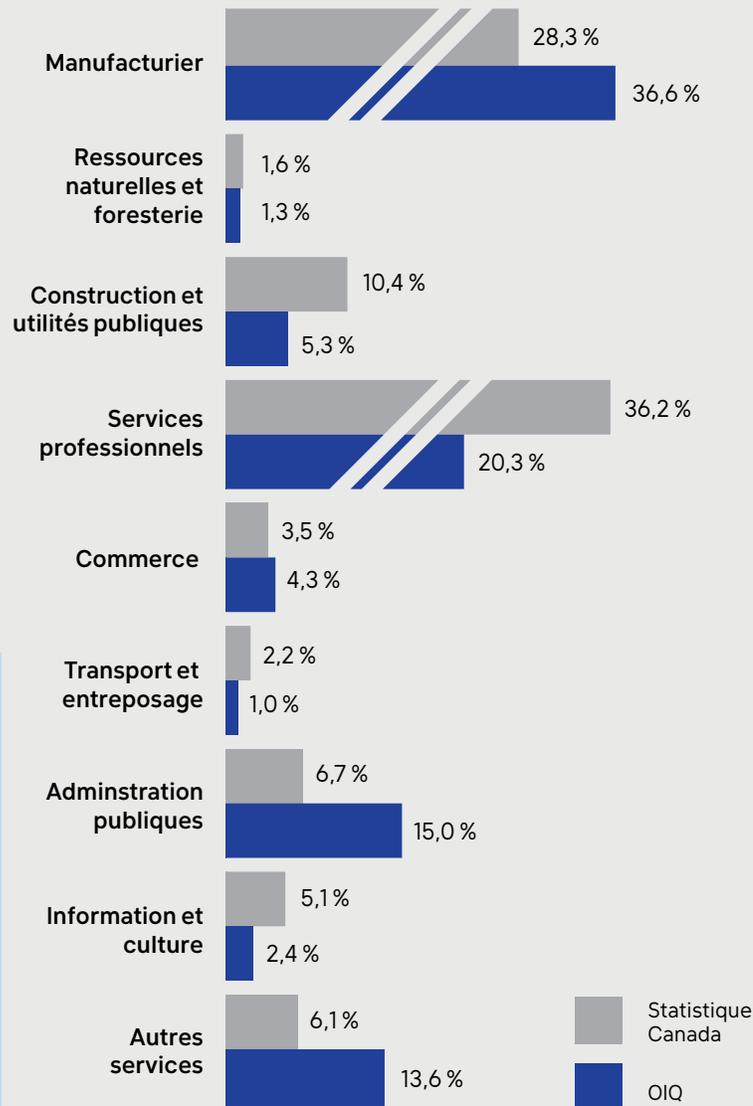
Quant à la structure des tranches d'âge, on remarque que 43 % des membres de l'OIQ ont moins de 40 ans, alors que le tiers a plus de 50 ans.

Une analyse par secteur permet de constater des divergences quant à la répartition des ingénieurs membres de l'OIQ et des professionnels du domaine de génie répertoriés par Statistique Canada. Ces divergences peuvent mettre en lumière le fait que certains ingénieurs membres ont embrassé des professions autres que celles du domaine de génie.

SCHÉMA 24

Répartition des professionnels en génie et des membres de l'OIQ dans les industries

Québec, 2016, en % du total

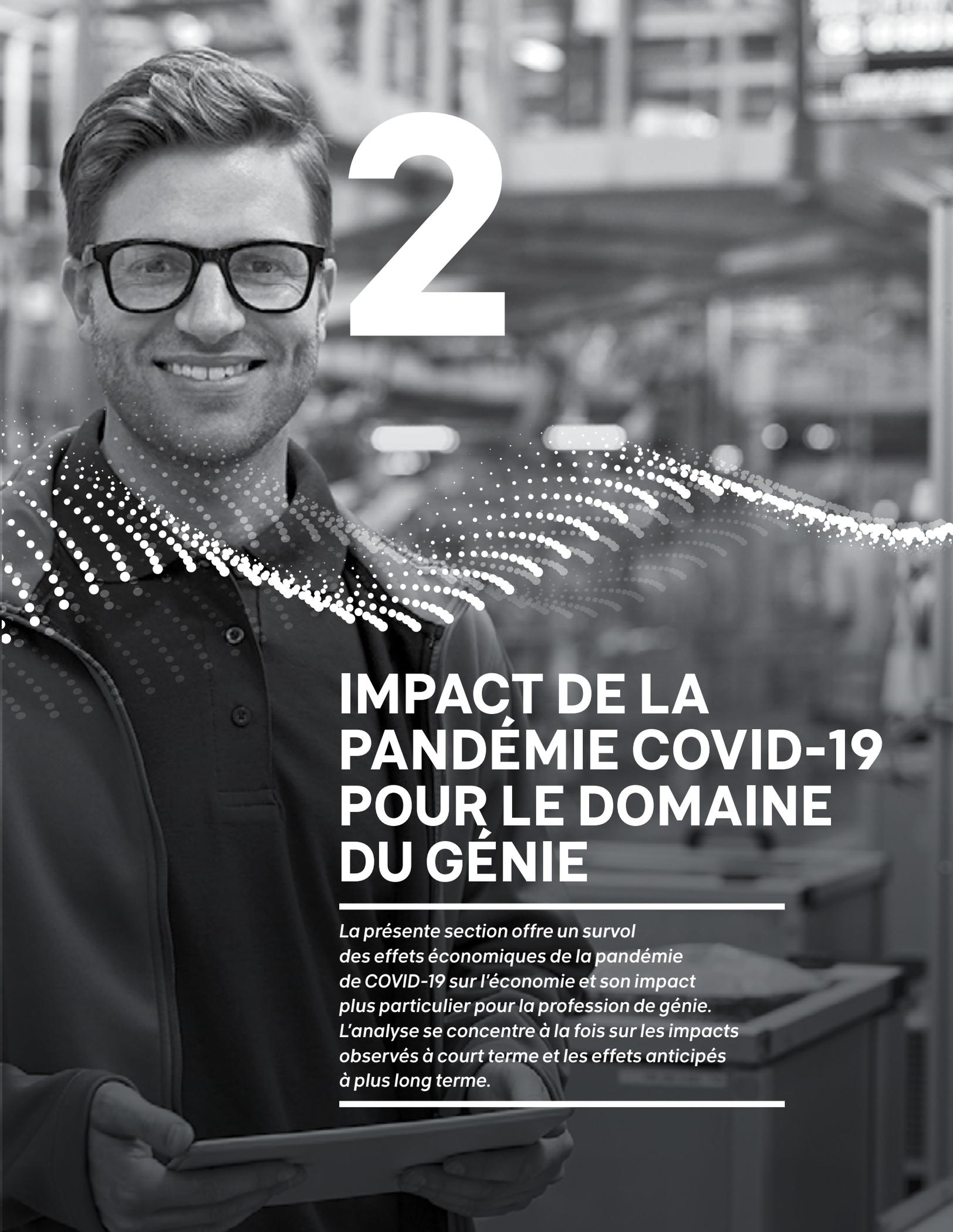


87 %

des membres a obtenu son diplôme au Québec, alors que la majeure partie des autres 13% a été formée à l'extérieur du Canada.

Moins de 1% des ingénieurs de l'OIQ ont été formés dans le reste du Canada.

Sources : Statistique Canada, Ordre des ingénieurs, Analyses Aviseo Conseil



2

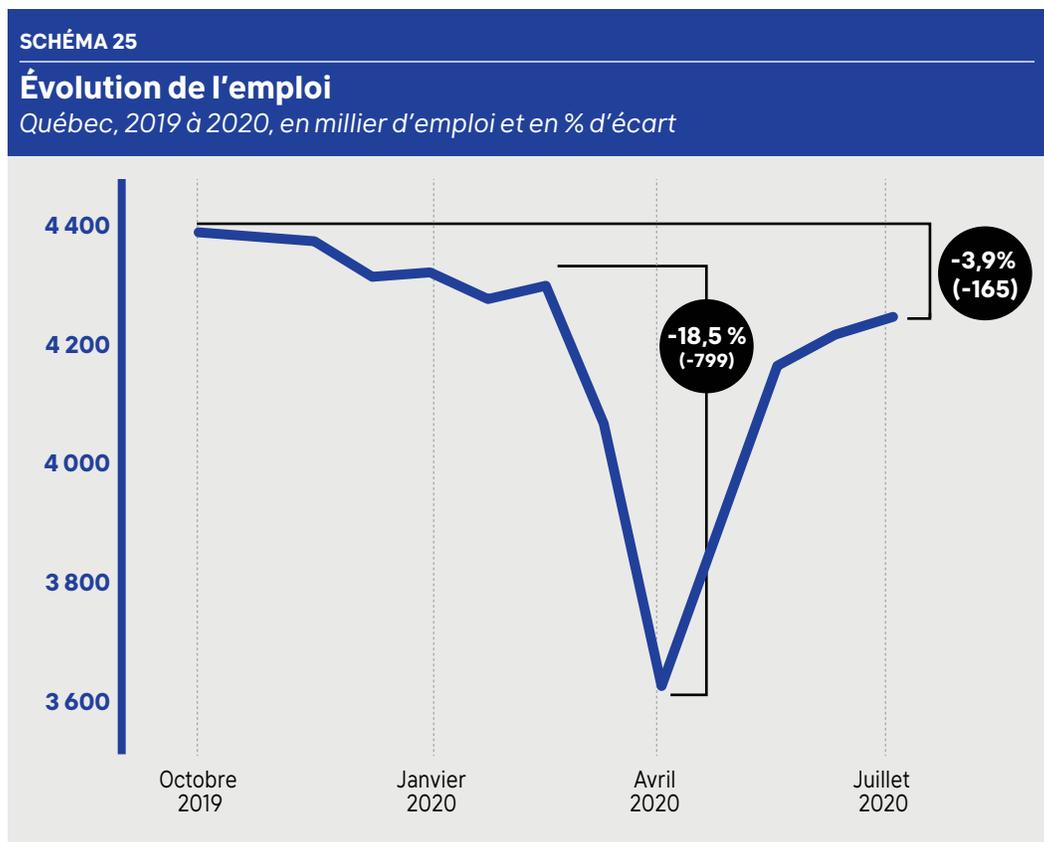
IMPACT DE LA PANDÉMIE COVID-19 POUR LE DOMAINE DU GÉNIE

La présente section offre un survol des effets économiques de la pandémie de COVID-19 sur l'économie et son impact plus particulier pour la profession de génie. L'analyse se concentre à la fois sur les impacts observés à court terme et les effets anticipés à plus long terme.

2.1.

Impacts à court terme

Cette étude s'inscrit dans un contexte rempli d'incertitudes avec la pandémie de la COVID-19. Les mesures de confinement se sont accompagnées d'impacts exceptionnels sur l'économie et le marché du travail. À son creux en avril 2020, le Québec a connu une décroissance historique de l'emploi avec une perte de 800 000 emplois, soit l'équivalent de 18,5 % du nombre répertorié en février de la même année. La majorité des pertes ont été récupérées dans les mois qui ont suivi, de sorte qu'on a observé une reprise en « V » sur le marché de l'emploi. En août 2020, le nombre total d'emplois au Québec était inférieur de 4 % par rapport au niveau de l'année précédente.



Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

L'analyse plus fine des impacts de la COVID-19 par secteur économique montre que la force et la durée du choc ne sont pas uniformes dans l'ensemble de l'économie. Les secteurs de l'hébergement, de la restauration, des arts, de la culture et des loisirs ont vu leur nombre d'emplois amputés de manière plus importante. Certains secteurs dans lesquels on compte une part significative de professionnels en génie ont enregistré des pertes d'emplois plus élevées. Par exemple, le secteur manufacturier, particulièrement l'aérospatial, ainsi que celui des ressources naturelles, ont été frappés plus durement que l'ensemble de l'économie. À l'opposé, le secteur des services professionnels est moins affecté.

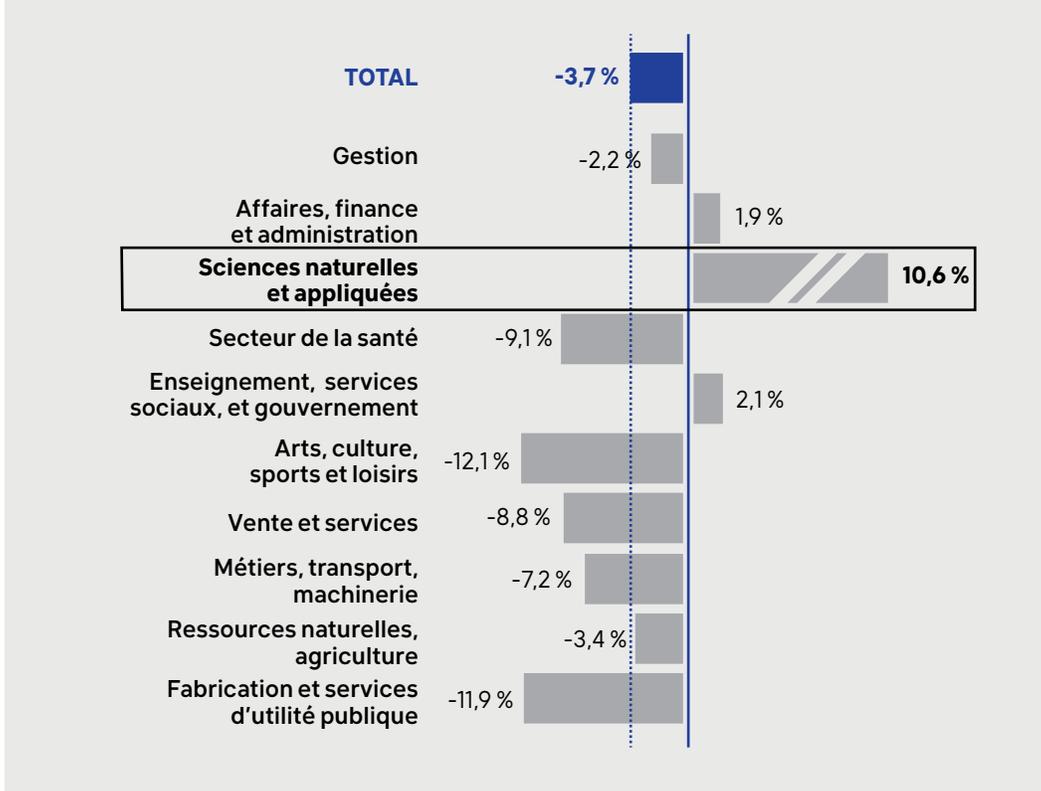
2.2.

Impacts à moyen et long termes

SCHÉMA 26

Évolution de l'emploi selon l'industrie

Québec, Août 2019-Août 2020, en % d'écart



Sources : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

Par exemple, dans le secteur de l'aérospatial, on estime qu'environ 1 300 professionnels en ingénieries des disciplines de l'aérospatial, mécanique, électroniques et électriques ainsi que, dans une moindre mesure, industriel ont été mis à pied. Nous anticipons que ces professionnels en ingénierie n'auront pas de difficulté à se relocaliser dans d'autres secteurs de l'économie si la crise avait à perdurer pendant plusieurs autres mois. À cet égard, nous estimons que le secteur de l'aérospatial, qui était particulièrement affecté par la rareté de main-d'œuvre avant la pandémie, devra récupérer les emplois perdus et sera par la suite amputé de deux ans de croissance de l'emploi préalablement prévue.

Dans les autres secteurs dans lesquels œuvrent les professionnels en génie, nous anticipons que l'impact de la crise économique à moyen et long termes sera très modéré pour ceux-ci. Dans un premier temps, les travailleurs qualifiés sont moins affectés par les mises à pied qui découlent de chocs économiques et de récessions que les autres travailleurs. De plus, les tendances à la numérisation, à l'automatisation et à la robotisation des entreprises, exacerbées par la crise sanitaire, nécessiteront l'embauche ou à tout le moins le maintien en emploi de professionnels en génie. Finalement, les mesures de relance des gouvernements ciblent vraisemblablement des composantes relatives aux infrastructures et amorceront des chantiers d'innovation. Les expertises des professionnels en génie ne sont pas étrangères à ce type d'investissements et la profession risque donc d'être sollicitée.

TABLEAU 5				
Taux mensuel de mises à pied pendant les récessions au Canada				
Niveau de scolarité	Taux mensuel de mises à pied			
	Récession 1981-1982	Récession 1990-1992	Récession 2008-2009	COVID-19 Février à Avril 2020
Inférieur au baccalauréat	3,8%	3,8%	3%	15,1%
Baccalauréat ou niveau supérieur	1,2%	0,8%	1,1%	7,2%

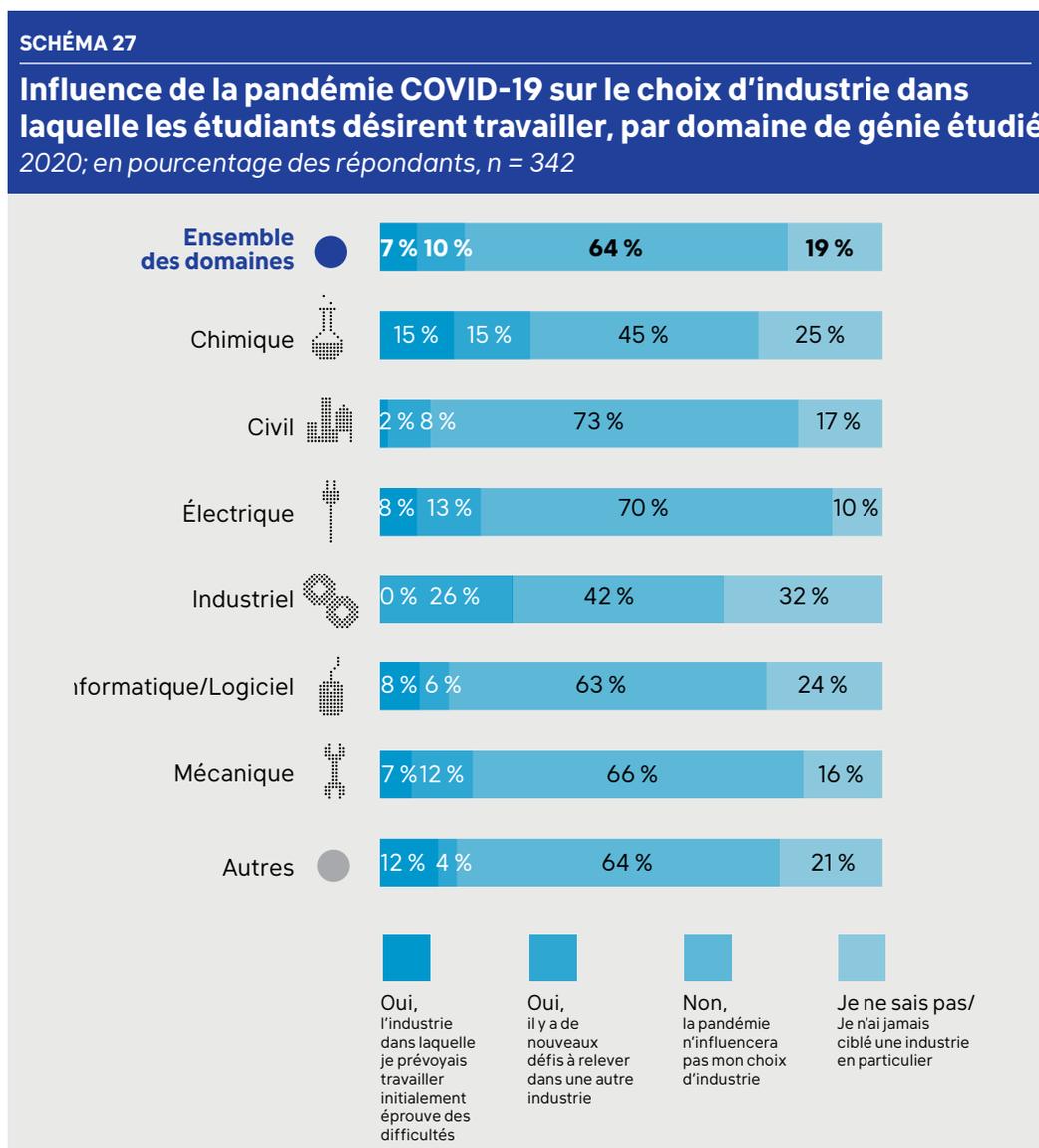
Source : Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

2.3.

Impacts sur la relève

L'enquête réalisée auprès des étudiants montre également un impact limité quant à leur choix de carrière. Globalement, près des deux tiers des répondants étaient d'avis que la crise sanitaire n'influencera pas leur choix d'industrie dans lequel exercé leur profession. Seulement 7% ont la perception que leur industrie de prédilection éprouve des difficultés alors qu'ils sont 10% à juger de leur industrie de choix éprouve de nouveaux défis.

Ce sont les étudiants dont les intérêts résident en génies civil et électrique qui paraissent les plus optimistes tandis que les domaines chimique et industriel se distinguent par une proportion plus forte quant à un effet de la crise sanitaire.



Sources: Enquête auprès des étudiants en génie des universités québécoises (9 au 27 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 2020

3

POSITIONNEMENT DE LA PROFESSION AU QUÉBEC

La présente section met en perspective le secteur de l'ingénierie au Québec par rapport à d'autres juridictions au Canada et sur la scène internationale. On aborde la présence des professionnels en génie dans l'économie, leur rémunération, la relève étudiante, ainsi que la place des immigrants et des femmes dans la profession.

3.1.

Positionnement du Québec

L'analyse comparative de la situation des professionnels en génie au Québec et au sein d'autres juridictions canadiennes ou étrangères permet de mettre en relief certains éléments et d'ainsi mieux saisir l'état des lieux de la profession au Québec. Il importe de rappeler les différences de traitement de données et d'enquêtes qui peuvent survenir entre les juridictions. On s'intéresse donc principalement aux tendances générales. Afin d'assurer la comparabilité, les données sont traitées en termes relatifs plutôt qu'en termes absolus.

Le Québec est d'abord comparé aux provinces canadiennes de l'Ontario et de la Colombie Britannique. Les comparaisons sont par la suite réalisées à l'échelle internationale avec la Suède, la Suisse, Israël, le Japon, la France, les États-Unis et le Canada. La sélection de ces pays, qui bénéficient tous d'une économie avancée, s'est basée principalement sur la place de l'innovation au sein des pratiques d'affaires des entreprises et de l'économie globale.

3.2.

La place des professionnels en génie dans l'économie

La part des professionnels en génie au sein de l'économie du Québec est relativement faible comparativement à l'échantillon de juridictions répertoriées. À 1,6%, le Québec se positionne tout juste avant la Colombie-Britannique qui ferme la marche à 1,5%. Au Canada, on compte plus de 316 000 professionnels en génie soit 1,7 % de l'ensemble des travailleurs du pays (voir schéma 29). Cette part est comparable à celle des États-Unis, mais elle est plus faible que dans les autres pays présentés.

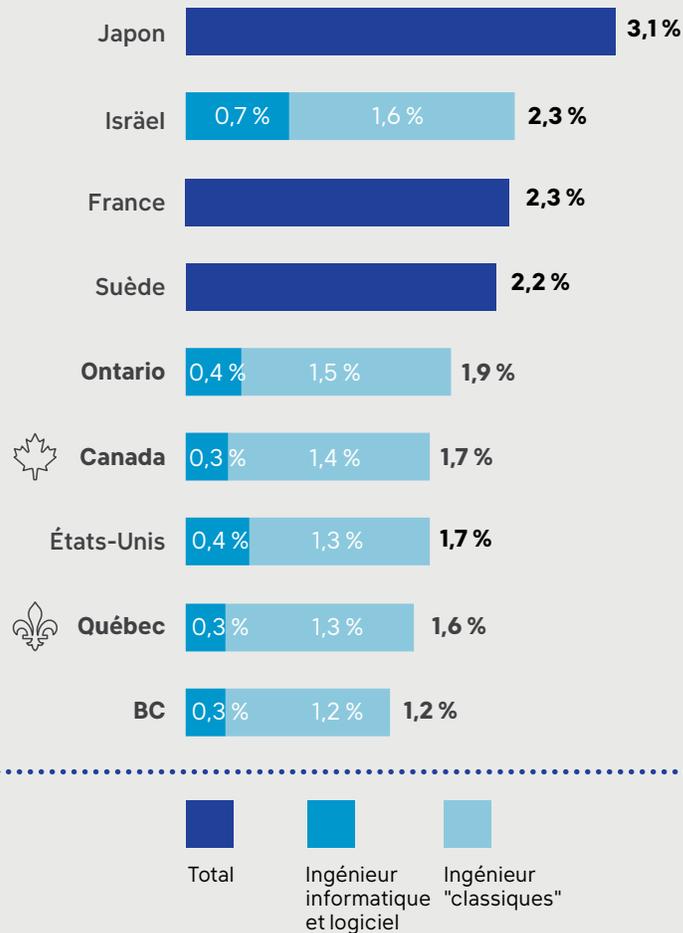
C'est au Japon où l'on observe la plus grande présence de professionnels en génie dans l'économie. À 3,1%, la place de la discipline dans l'économie est pratiquement deux fois plus élevée qu'au Canada et aux États-Unis. Il est intéressant de noter que le Japon est plus avancé dans la courbe de vieillissement de sa population que le Québec, ce qui tend à favoriser une présence plus forte des professionnels en génie dans l'économie. En plus de demeurer plus longtemps sur le marché du travail que les autres travailleurs moins scolarisés, les professionnels en génie travaillent à la conception, à l'opération et à la maintenance d'équipements et d'outils technologiques permettant aux entreprises d'atteindre le niveau de production désiré avec une présence proportionnellement moindre de travailleurs. Cette situation pourrait se transposer au Québec au cours de la prochaine décennie alors que la main-d'œuvre se fera de plus en plus vieillissante et moins disponible. Déjà, nous avons observé une tendance à la hausse de la part des professionnels en génie au cours des dernières années, laquelle est passée de 1,3% à 1,6% entre 2006 et 2016.

Lorsqu'on s'attarde aux professionnels en informatique diplômés en génie sur le marché du travail, on remarque qu'ils représentent environ un professionnel sur cinq au Québec et au Canada, alors que cette part est plus élevée en Israël et aux États-Unis. Cette situation n'est pas surprenante, alors que le secteur de la technologie occupe une importante part de l'économie, avec une forte présence par exemple à Silicon Valley et Silicon Wadi. Au Québec, avec la présence grandissante d'entreprises et d'organisations de recherche en intelligence artificielle, on s'attend à ce que la part des professionnels en informatique et logiciel diplômés en génie augmente fortement au cours de la prochaine décennie. Déjà, on voit une forte tendance à la hausse du nombre annuel de diplômés de programmes de formation universitaire de génie logiciel, lequel a crû de 60% entre 2016-17 et 2019-20, passant de 1 455 à 2 333.

SCHÉMA 28

Part des professionnels en génie dans l'économie

Monde, 2016 à 2019, en %



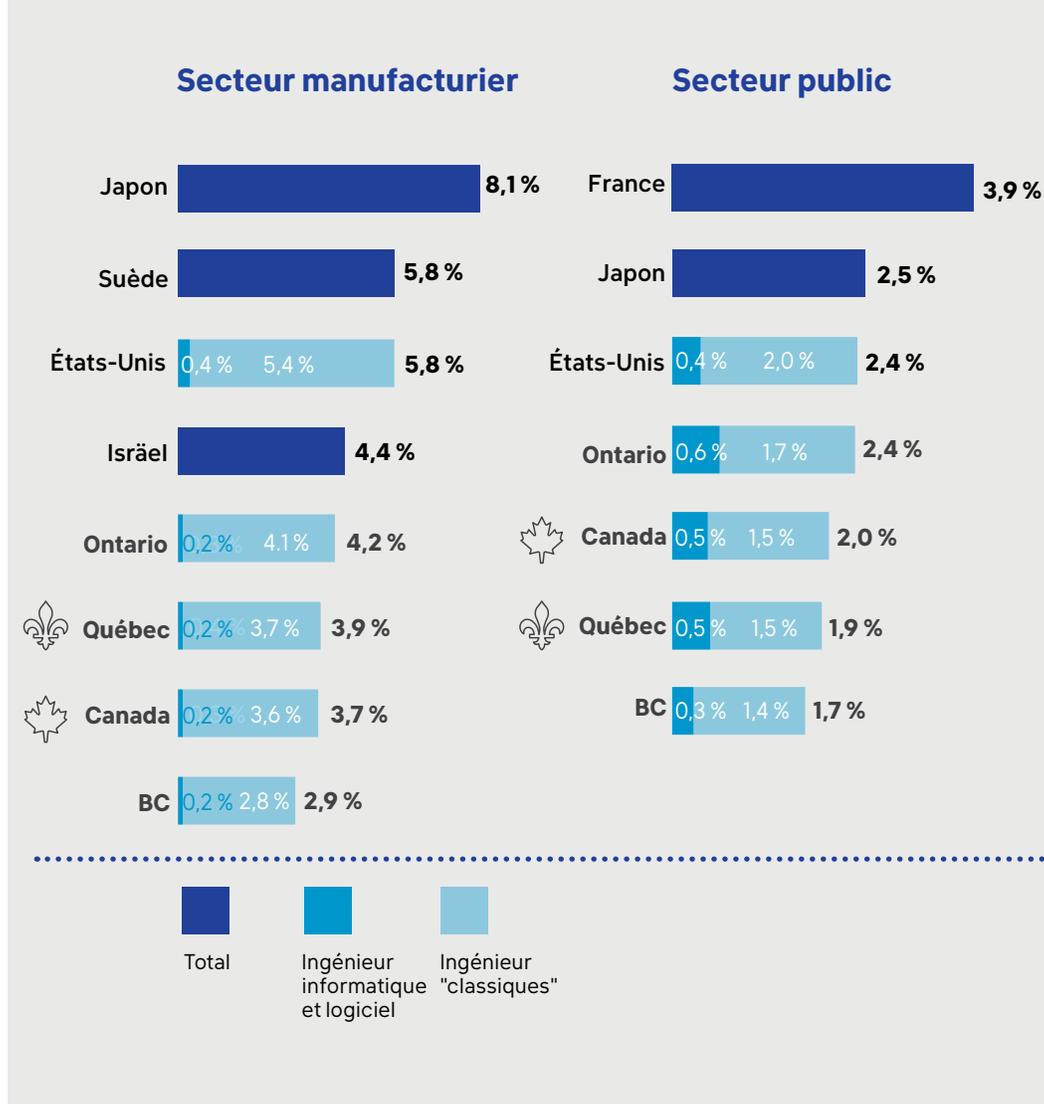
Sources : Statistique Canada, Statistics Sweden, United States Bureau of Labor, Statistical bureau of Japan, Société des Ingénieurs et Scientifiques de France, Israel Central Bureau of Statistics, Analyses Aviseo Conseil

L'analyse comparative de la présence des professionnels de génie dans deux secteurs économiques, soit le manufacturier et le secteur public, nous interpelle également de manière particulière. Ces secteurs ont été sélectionnés en vertu de leur relative uniformité entre les juridictions et en raison de leur importance pour la profession. Pour le secteur manufacturier, la présence de professionnels en génie est névralgique pour mettre en œuvre l'automatisation et la robotisation tant nécessaire pour l'avenir, la croissance de la productivité et la vitalité de l'économie. Pour le secteur public, la présence de professionnels en génie prend son importance principalement à deux niveaux, soit pour la bonne réussite des projets d'infrastructures publiques ainsi que la gestion des services informatiques des gouvernements.

SCHÉMA 29

Part des professionnels en génie dans l'économie selon le secteur

Monde, 2016 à 2019, en %



Sources : Statistique Canada, Statistics Sweden, United States Bureau of Labor, Statistical bureau of Japan, Société des Ingénieurs et Scientifiques de France, Israel Central Bureau of Statistics, Analyses Aviseo Conseil

On remarque tout d'abord que le secteur manufacturier du Québec compte relativement moins de professionnels en génie que ce que l'on observe sur la scène internationale. Que ce soit aux États-Unis, en Israël, en Suède ou au Japon, on compte relativement plus de professionnels en génie. Par rapport au reste du Canada, le positionnement de la profession est un peu plus élevé que la moyenne de 3,7%.

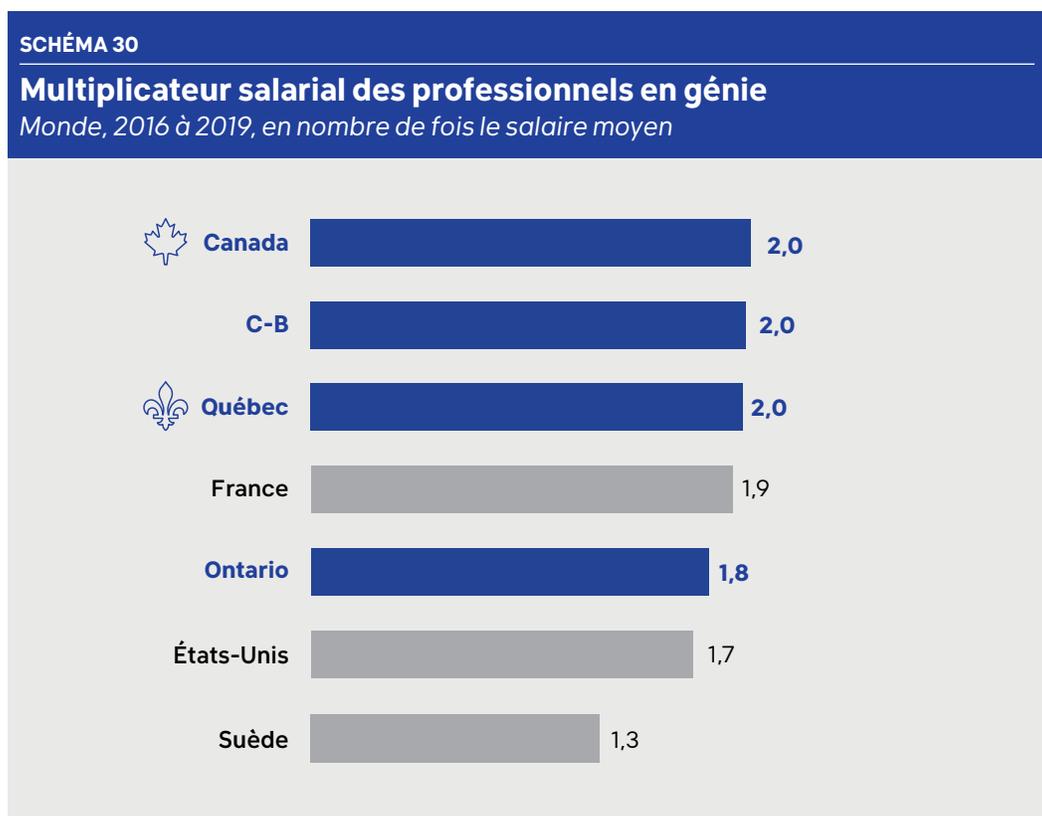
Il est intéressant de noter que même si les États-Unis comptent une part de professionnels en génie dans l'économie qui est similaire au Québec et au Canada, ils se différencient pour le secteur manufacturier. Non seulement les États-Unis comptent plus de professionnels en génie dits « classiques », ils comptent également plus de professionnels en génie informatique et logiciel. Quant à l'automatisation au Québec, le consensus des acteurs dans le milieu indique un état d'avancement faible⁷. Un regard sur le secteur public permet d'identifier une moins forte présence des professionnels en génie au Québec comparativement à l'Ontario et aux autres juridictions.

7 Baromètre industriel Québécois, STIQ, 2020

3.3.

Rémunération

La rémunération des professionnels en génie est particulièrement attractive dans les pays de notre échantillon. L'écart entre la rémunération des professionnels de génie et le salaire moyen est un bon indicateur pour juger de l'attractivité salariale de la profession dans l'économie. Dans les pays de notre échantillon, l'exercice de la profession d'ingénieur exige minimalement un niveau d'éducation universitaire, ce qui est plus élevé que le niveau d'éducation moyen des travailleurs et qui explique en partie l'écart en faveur des professionnels du génie⁸.



Sources : Statistique Canada, Statistics Sweden, United States Bureau of Labor, Statistical bureau of Japan, Société des Ingénieurs et Scientifiques de France, Israel Central Bureau of Statistics, Analyses Aviseo Conseil

Au Québec, en moyenne, ceux-ci gagnent deux fois le salaire moyen de l'ensemble des travailleurs. Cet écart important est similaire pour l'ensemble du Canada ainsi qu'en Colombie-Britannique. Parmi les provinces canadiennes, c'est l'Ontario qui affiche le plus faible écart salarial entre les professionnels de génie et le travailleur moyen, lequel s'élève néanmoins à 1,8 fois.

Aux États-Unis, la rémunération relative des professionnels de génie par rapport au travailleur moyen est légèrement inférieure, à 1,7 fois le salaire moyen sur le marché du travail. C'est toutefois en Suède où l'on constate la plus faible différence salariale entre les professionnels de génie et l'ensemble de l'économie.

⁸ Sweden Association of Graduate Engineers, Fédération d'Associations Nationales d'Ingénieurs, Ordre des Ingénieurs du Québec, Engineers Canada, Professional Engineers Ontario, Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia

3.4.

Relève étudiante

Le Québec compte de plus en plus d'étudiants dans les programmes de génie. Premièrement, les diplômés universitaires de tous les programmes de génie confondus ont augmenté de 27 % par an entre 2015-2016 et 2019-2020.

On dénote une très forte hausse des étudiants internationaux dans les rangs de génie au Québec. Leur nombre est passé de 16 437 étudiants en 2010 à 33 000 en 2018, une croissance annuelle moyenne de 10,5 %. C'est près de 17 % des étudiants internationaux qui font partie de programmes de génie contrairement aux étudiants canadiens qui sont un peu plus de 8 % à étudier dans ce domaine. Ceci illustre bien l'attractivité des universités canadiennes pour la formation de génie. Trois universités canadiennes, dont l'Université McGill (47e) au Québec et les Université de Toronto (27e) et l'Université de la Colombie-Britannique (43e), se trouvent régulièrement parmi les 50 meilleures écoles de génie et de technologie au monde, indiquant l'attractivité de ces écoles pour les étudiants étrangers⁹.

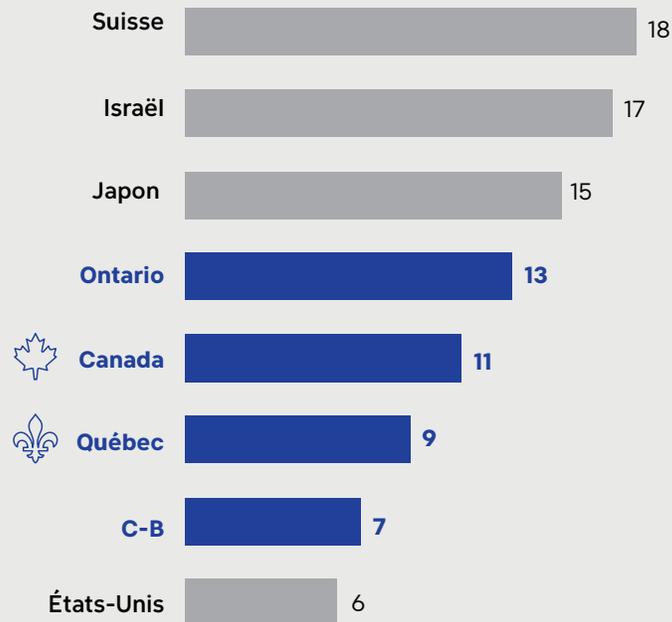
Cependant, par rapport à l'ensemble des étudiants universitaires, le Québec se trouve en bas de classement quant à la part des étudiants qui sont inscrits dans des programmes de génie lorsqu'on compare avec les autres pays présentés. La Suisse et Israël affichent les parts les plus importantes, suivi par le Japon. La Colombie-Britannique et les États-Unis se trouvent en bas de classement, derrière le Québec. Ces parts sont cohérentes avec les données présentées plus tôt quant à la présence des professionnels en génie dans l'économie, où le Japon et Israël se classaient en haut du tableau, loin devant le Canada, le Québec et les États-Unis.

9 Times Higher Education, 2020

SCHÉMA 31

Part des étudiants dans les programmes de génie

Monde, 2016 à 2019, en % du total



Sources : Statistique Canada, Statistics Sweden, United States Bureau of Labor, Statistical bureau of Japan, Société des Ingénieurs et Scientifiques de France, Israel Central Bureau of Statistics, Analyses Aviseo Conseil

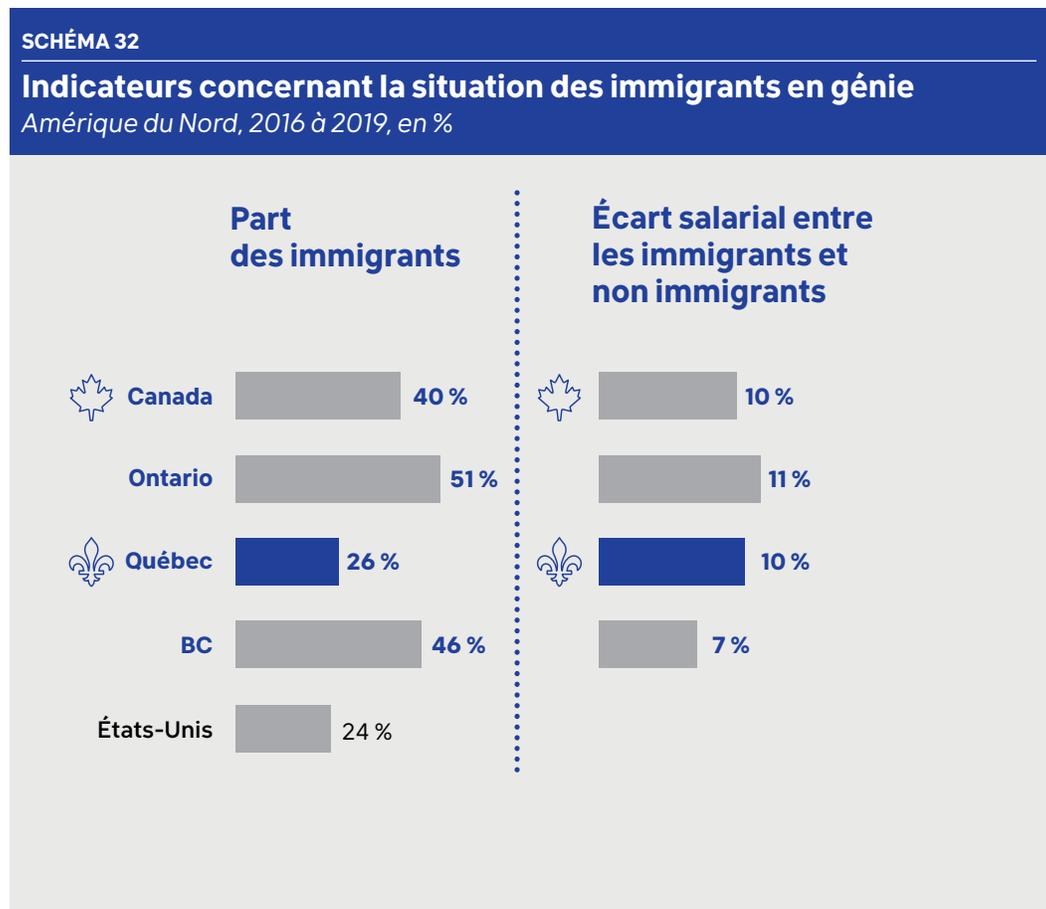
3.5.

Les immigrants dans le domaine du génie

Au Québec, un professionnel de génie sur quatre est issu de l'immigration. Cette part est similaire à celle des États-Unis, mais nettement plus faible que dans le reste du Canada qui en compte 40%. En Ontario et en Colombie-Britannique, c'est un professionnel en génie sur deux qui est immigrant.

En ce qui a trait aux salaires des immigrants professionnels en génie, comparativement à l'ensemble des travailleurs de l'économie, les différences entre le Québec et les autres juridictions canadiennes sont moins marquées. Au Québec, l'écart salarial entre les professionnels de génie nés au Canada et ceux issus de l'immigration est exactement le même que celui mesuré dans l'ensemble du Canada, soit 10 %. Cet écart est très légèrement supérieur en Ontario, à 11 %, alors qu'il est plus faible en Colombie-Britannique à 7%.

L'indisponibilité de statistiques comparables pour les autres pays ne nous permet pas de comparer le Québec sur la scène internationale relativement à ces indicateurs.



Sources: Statistique Canada, Analyses Aviseo Conseil

3.6.

Les femmes en génie

Quant au poids des femmes dans la profession, le Québec se trouve en bas de classement avec les autres provinces canadiennes et les États-Unis. Malgré une croissance en nombre d'ingénieures dans le monde (plus forte dans certains pays que d'autres), une sous-représentation de femmes dans le métier persiste. C'est en Suède qu'on trouve la part la plus importante de femmes dans le domaine du génie. C'est aussi en Suède où l'écart salarial est le plus faible.

Aux États-Unis, on constate également un défi de rétention alors que seulement 30 % des femmes ayant obtenu un diplôme en génie continuent de travailler dans le domaine après 20 ans. Un tiers de ces femmes cite le climat de travail comme raison de départ¹⁰.

Il existe de nombreuses initiatives qui sont menées à l'échelle internationale pour augmenter la présence des femmes dans les professions dans les sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STIM) et défendre leurs intérêts. En Europe, on retrouve par exemple Femme et sciences et WISE (Women in Science and Engineering) et en Amérique du Nord, l'AFFESTIM (Association de la francophonie à propos des femmes en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques) et SWE (Society of Women Engineers).

Le gouvernement du Canada a également mis en œuvre des initiatives dans les domaines liés aux STIM afin de promouvoir les carrières et les emplois dans ces domaines auprès des Canadiens, notamment des groupes sous-représentés. Parmi ces initiatives, on retrouve par exemple la campagne de communication #OptezSciences ou des vidéos promotionnelles de femmes inspirantes qui travaillent dans les STIM et qui dérivent leur cheminement personnel ainsi que les raisons qui les ont poussés à choisir des domaines scientifiques.

Bien que ces chiffres concernent une étude faite auprès des ingénieures aux États-Unis, ce n'est pas un problème qui leur est unique et on constate des sentiments similaires à travers le monde. De manière générale, les femmes en génie et plus généralement dans le groupe STIM font face à plusieurs obstacles au courant de leur vie académique et professionnelle. Leur taux de représentation demeure inférieur, leur taux de poursuite est supérieur et un manque de femmes professeures dans les établissements d'enseignement persiste. Une fois dans la vie professionnelle, elles font face aux écarts salariaux, un climat souvent antagoniste et discriminatoire et encore, un taux de poursuite du métier inférieur à celui des hommes.

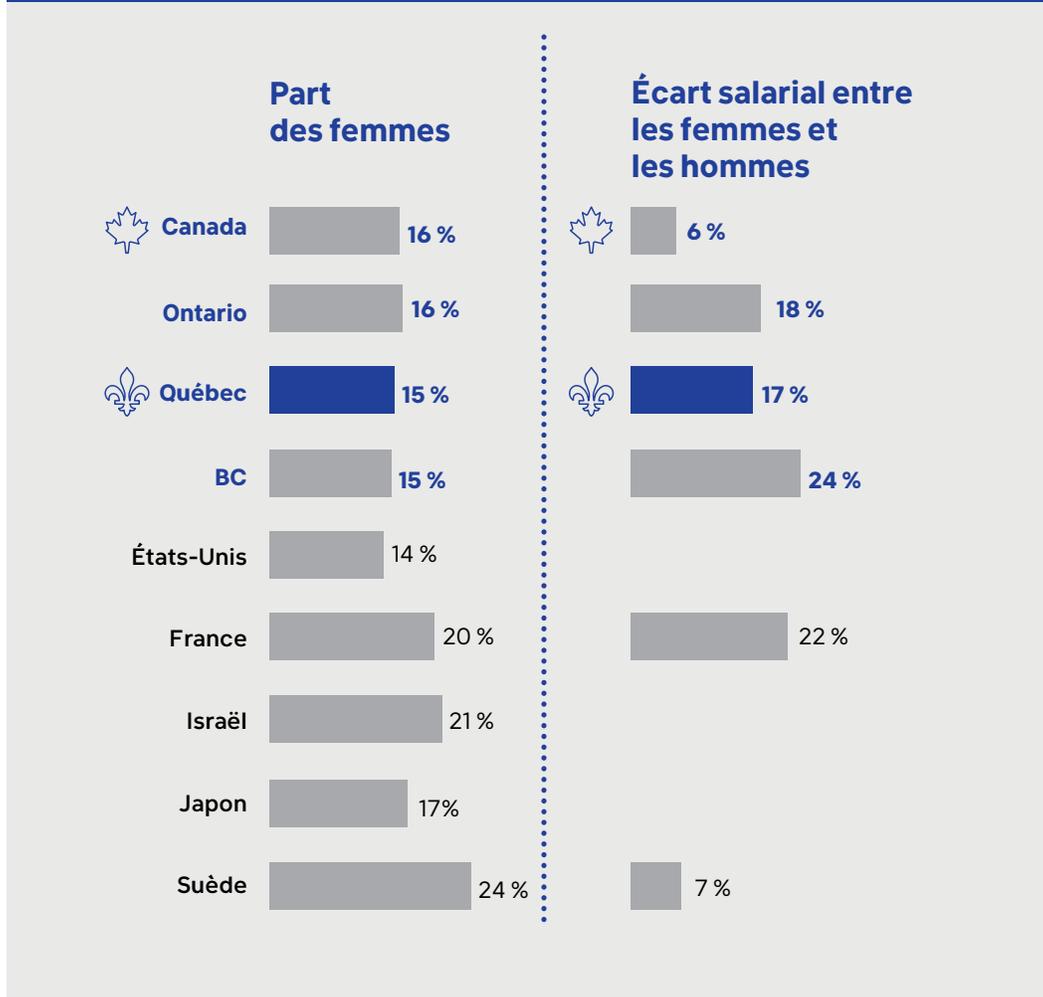
Cette étude ne rentre pas dans le climat spécifique de femmes ingénieures pour chaque pays étudié afin d'expliquer les différences, pourtant certains pays présentent un environnement plus équitable entre les deux sexes.

10 Society of Women Engineers, 2019

SCHÉMA 33

Indicateurs concernant la situation des femmes en génie

Monde, 2016 à 2019, en %



Sources : Statistique Canada, United States Bureau of Labor, Société des Ingénieurs et Scientifiques de France, Statistics Sweden, Statistical Bureau of Japan, Israel Central Bureau of Statistics

4

TENDANCES

La présente section aborde les principales tendances technologiques, environnementales, économiques, démographiques et sociales qui influenceront la profession d'ingénieur au cours des dix prochaines années. L'analyse se concentre sur l'impact de ces tendances sur les besoins du marché du travail en matière de compétences, ainsi que sur la demande de professionnels en génie dans les diverses disciplines. À ce titre, nous esquissons un survol des industries prometteuses pour les professionnels en génie.

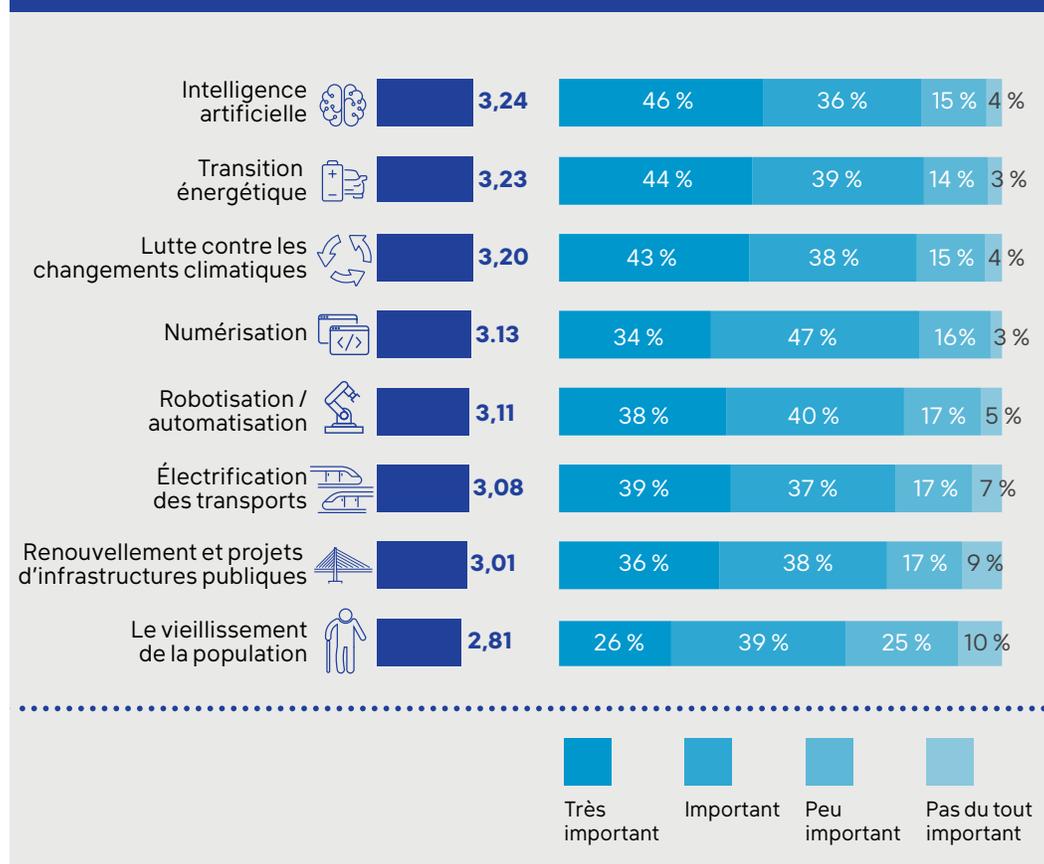
Les principales tendances identifiées sont issues de diverses recherches et analyses, des entrevues réalisées durant la démarche, et de l'enquête auprès des ingénieurs précédemment évoquée. Elles ont également été validées durant un atelier de travail réunissant différents ingénieurs.

De fait, l'enquête a retenu que l'intelligence artificielle, la transition énergétique, et la lutte aux changements climatiques auront le plus grand impact sur la profession. Les répondants sont d'ailleurs 81% à être d'avis que l'intelligence artificielle aura à tout le moins un impact important sur l'avenir de la profession.

SCHÉMA 34

Impact projeté des tendances pour la profession d'ingénieur

2020; indice de 1 à 4 (4 = très important) et % des répondants, n = 3 206 répondants



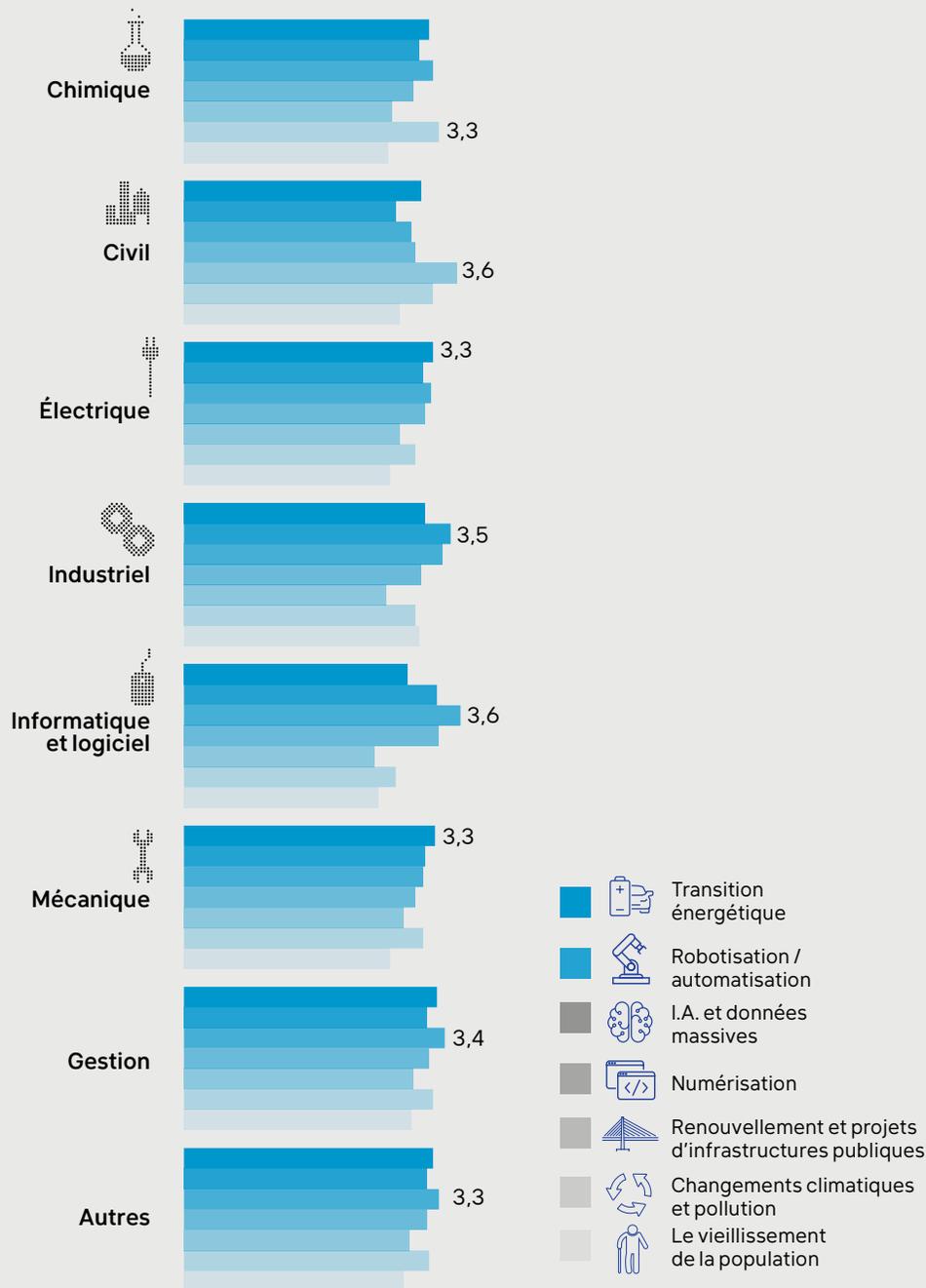
Sources: Enquête auprès des membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec (4 au 20 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 2020.

L'analyse des tendances qui auront une importance sur la pratique de la profession d'ingénieur a également été faite selon les différents types de génie. Cette analyse permet d'entrevoir quelles tendances sont anticipées avoir le plus d'impacts sur chaque type de génie. On constate par exemple que le renouvellement et les projets d'infrastructures publiques influenceront le plus le génie civil alors que dans le cas du génie industriel, c'est la robotisation et l'automatisation.

SCHÉMA 35

Tendances qui auront une importance sur la pratique de la profession d'ingénieur selon la discipline

2020; en indice sur une échelle de 1 à 4 (4 = beaucoup d'importance), n = 85 à 740



Sources: Enquête auprès des membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec (4 au 20 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 2020.

Suivent ainsi une description des tendances qui sont ressorties au cours des travaux qui ont mené à la présente étude.

4.1.

Les tendances technologiques

La technologie est devenue omniprésente dans le quotidien des ingénieurs. Des outils numériques de plus en plus puissants pour l'exécution des tâches quotidiennes, au recours à l'intelligence artificielle pour analyser les données massives issues des activités de production, les avancées font évoluer le travail de l'ingénieur de manière continue. Nous mettons ici de l'avant trois tendances technologiques qui auront un impact certain sur la profession de génie au cours des dix prochaines années.

La montée de la robotisation et de l'industrialisation 4.0

L'industrialisation 4.0 représente la quatrième période de l'ère industrielle. Elle succède aux trois autres révolutions qui ont eu cours depuis l'ère industrielle, soit l'avènement de la machine à vapeur dans les années 1700, l'arrivée de l'électricité et le déploiement de la chaîne de production de masse à la fin du 19^e siècle, ainsi que le développement des technologies de l'information et des communications dans les années 1980.

La quatrième révolution est avant tout rendue possible et portée par le déploiement de l'Internet à très haut débit et la multiplication des capacités de calcul des ordinateurs. Ces technologies permettent aux ordinateurs de colliger une quantité phénoménale de données en temps réel, pour ensuite exécuter des algorithmes, prendre des décisions et lancer des commandes basées sur celles-ci à d'autres ordinateurs reliés à des machines. Ces machines agissent par la suite automatiquement sur la chaîne de valeur de l'entreprise¹¹. Dès lors, si la troisième révolution était portée par l'arrivée d'ordinateurs et de machines automatisées dans les procédés de production, la quatrième révolution se distingue par la création de systèmes physiques automatisés interreliés qui interagissent et prennent des décisions afin d'optimiser la production.

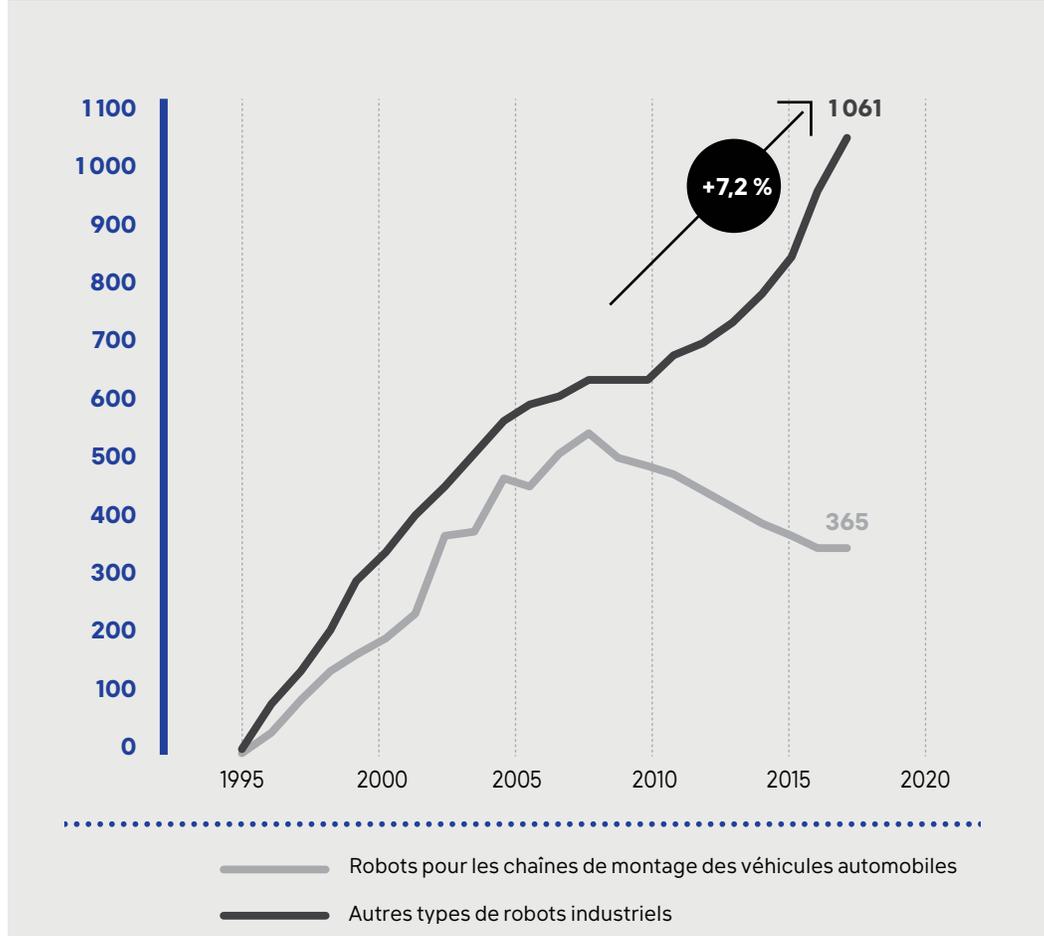


¹¹ Sur un horizon temporel plus long que celui de la présente étude, l'informatique quantique présente un potentiel énorme pour exploiter les données massives issues des activités industrielles.

SCHÉMA 36

Évolution du stock de robots industriels au Canada

1996-2017 ; en millions \$CAD



Source: Statistique Canada, Analyses Aviséo

En cours de déploiement au Québec comme à l'échelle internationale, l'industrialisation 4.0 se manifeste par l'adoption de technologies avancées telles que les robots industriels, la communication M2M (machine à machine), l'Internet Industriel des Objets (IIoT) et l'analytique prédictive en temps réel. L'intelligence artificielle constitue une composante importante de cette nouvelle ère d'industrialisation, puisqu'elle permet d'analyser les données massives colligées en marge de la mise en œuvre des procédés de production, d'exécuter des algorithmes dans le but d'en venir à une prise de décision éclairée basée sur des faits probants. Ces décisions se transforment par la suite en commandes communiquées aux machines ou aux humains pour une prise d'action.

Les robots industriels ont fait leur apparition au Canada vers la fin des années 1990, connaissant une belle ascension et ce particulièrement sur les chaînes de montage des véhicules automobiles. Cette ascension a pris fin abruptement à la suite de la crise économique de 2008, moment à partir duquel le stock de robots dans l'industrie automobile canadienne a débuté son déclin. Un fort contraste avec ce à quoi on assiste dans les autres secteurs économiques, où la valeur du stock de robots augmente à un rythme exponentiel.

Entre 2010 et 2017, au Canada, cette valeur est passée de 651 M\$ à 1,061 G\$, une croissance de +63%. Les industries de la fabrication de machines, de produits en plastique et en caoutchouc, de matériel électrique et électronique, ainsi que des produits métalliques et de première transformation des métaux ont plus intensément adopté les robots industriels au cours des années récentes.

L'adoption à grande échelle des technologies liées à l'industrialisation 4.0 pourrait modifier en profondeur l'organisation du travail dans le secteur manufacturier. Selon une étude de Statistique Canada¹², la robotisation n'a pas pour effet de réduire le nombre total de travailleurs employés par les firmes. Les entreprises ayant adopté les robots industriels au cours des dernières années ont augmenté leur nombre d'employés de 15 % par rapport à moyenne de leur industrie. Il demeure néanmoins que la robotisation modifie le type de compétences requises par les entreprises, au détriment de certaines catégories de travailleurs et au bénéfice de certaines autres.

La robotisation génère une croissance de la demande pour les travailleurs hautement qualifiés, comme les professionnels en génie, qui doivent concevoir et opérer les systèmes et interpréter les données générées par les ordinateurs.

Également, comme les robots industriels et les équipements automatisés sont peu en mesure de reproduire certains gestes précis du corps humain souvent jugés routiniers mais nécessaires au fonctionnement de la chaîne de valeur de l'entreprise, on observe une hausse de la demande pour les travailleurs peu qualifiés. Ces postes, qui n'exigent qu'un diplôme d'études secondaires, deviennent plus nombreux à la suite de la robotisation de l'entreprise, en raison de la hausse de la productivité des processus de production et du fait qu'ils ne peuvent être adéquatement remplacés par une machine¹³.

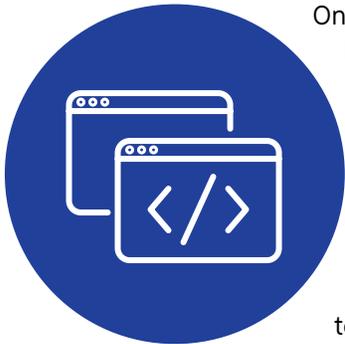
Néanmoins, la robotisation et l'automatisation affecteraient négativement deux types de travailleurs. Premièrement, les travailleurs moyennement qualifiés, c'est-à-dire ceux qui détiennent une formation professionnelle ou technique, dont les tâches sont spécifiquement celles exécutées par les robots industriels et systèmes automatisés. Deuxièmement, comme la robotisation et l'automatisation prend en charge une partie de l'assurance qualité, on observe une diminution des besoins en matière de supervision, et remarque une augmentation du ratio d'employés par gestionnaire. En termes absolus, il y a donc une réduction des besoins en matière de cadres.

L'expérience récente nous enseigne également que les firmes qui embrassent la robotisation et l'automatisation ne recherchent pas simplement la diminution de leurs coûts de main-d'œuvre, mais davantage l'amélioration de la qualité sur leur chaîne de production. La robotisation et l'automatisation atténue considérablement les variations de qualité de la production, et contribue à son uniformité.

12 DIXON, J., « Répercussions des robots sur l'emploi : données à l'échelle des entreprises », Statistique Canada, 2020.

13 Ibid.

La numérisation



On observe principalement quatre types de numérisation, lesquels ont tous une influence sur la profession de génie. Premièrement, dans la mouvance de l'industrialisation 4.0, les entreprises numérisent leurs actifs physiques et les intègrent dans un écosystème interrelié sur l'ensemble de leur chaîne de valeur. Deuxièmement, la numérisation s'incarne par le recours des travailleurs à des outils numériques de plus en plus sophistiqués pour réaliser leurs tâches, principalement des ordinateurs, des tablettes, des logiciels et des applications, ce qui leur permet d'être plus précis et productifs. La numérisation se matérialise également par l'accroissement de l'intensité technologique des produits fabriqués. Finalement, pour les entreprises de services, la numérisation se traduit par des contacts facilités et croissants avec les consommateurs via les interfaces numériques.

Dans le monde du génie, la numérisation des activités et des actifs s'est opérée à grande vitesse au cours des dernières années. Un haut responsable d'une firme de génie conseil confiait qu'il y a quelques années à peine, le recours aux outils numériques était optionnel alors qu'aujourd'hui, il s'impose obligatoirement en raison de la puissance et de l'efficacité des nouveaux logiciels¹⁴.

L'ingénieur réalise aujourd'hui la majorité de ses tâches à l'aide d'ordinateurs, de logiciels et d'autres outils numériques. Par exemple, il n'est pas exagéré d'affirmer que le recours à la modélisation virtuelle 3D ou 6D a révolutionné la façon de tester la conception, la réalisation et l'exploitation de grands projets d'infrastructure. Ces tests peuvent maintenant s'opérer à distance et de manière répétitive et illimitée. De plus, lorsqu'il doit se déplacer sur un chantier, l'ingénieur est désormais muni d'appareils numériques mobiles qui lui permettent d'accéder aux plans et notes à tout endroit, et d'exécuter ses tâches à l'aide de logiciels sur les lieux des travaux.

Pour la gestion d'infrastructures et de systèmes de transports, la numérisation des actifs physiques s'impose désormais et est devenue la norme dans les industries. Elle consiste en l'installation de capteurs qui colligent en temps réel les données qui sont par la suite traitées et utilisées pour fonder des décisions basées sur le jugement de l'ingénieur, ou pour alimenter les logiciels d'analyse prédictive. Pour les nouveaux équipements, par exemple des véhicules roulants, les logiciels sont intégrés et facilitent le travail de gestion des flottes et d'entretien. Ce type de numérisation générera des bénéfices substantiels à long terme, mais posent de grands défis à court terme.

Notamment, elle constitue une transition majeure pour le travail de l'ingénieur. À titre d'exemple, la numérisation d'infrastructures hydro-électriques ou ferroviaires construites et exploitées depuis des décennies requiert un changement majeur de mentalité et des façons de faire de la part des professionnels en génie qui les exploitent depuis des années, voire des décennies.

14 Propos recueillis au cours d'une entrevue effectuée dans le cadre du mandat.

La numérisation est également de plus en plus observée sur les chaînes de production industrielles et manufacturières. Le phénomène est en train d'opérer un changement de paradigme dans les organisations qui gèrent des actifs physiques, lesquelles opèrent la transition d'une logique d'entretien préventif vers l'entretien prédictif. À l'opposé de l'entretien préventif qui se fonde sur des cycles de vie moyens et les expériences passées d'actifs similaires, l'entretien prédictif se base sur des données probantes colligées à partir du comportement de l'actif spécifique visé par les travaux d'entretien. En plus de réduire les risques de rupture de fonctionnement de l'actif, cette technique réduit également les coûts associés aux travaux d'entretien préventifs non nécessaires.

La numérisation aura également un impact sur les professionnels en génie qui œuvrent dans le secteur manufacturier, avec l'accroissement de l'intensité technologique des produits finis destinés au consommateur.

À titre d'exemple, parmi les professions qui seront les plus sollicitées par le chantier de l'électrification des transports au Québec, les professionnels en génie et concepteurs en logiciel se classent au deuxième rang¹⁵.

Les véhicules modernes à la fine pointe sont dorénavant de véritables spécimens technologiques sur roues. Maints analystes financiers ont désigné la société Tesla, qui fabrique des véhicules électriques, comme une société technologique et de logiciels. Par exemple, les véhicules sont synchronisés avec le téléphone intelligent du propriétaire grâce aux logiciels intégrés. Cela permet d'amasser des données sur les habitudes de conduite, de bonifier l'expérience et de raffiner la fonctionnalité de pilotage automatique intégré. Un autre exemple est la société québécoise Lion Électrique, qui fabrique des camions et des autobus électriques à Saint-Jérôme, qui offrent des services infonuagiques inhérents à l'utilisation de ses véhicules qui facilitent la gestion la flotte.

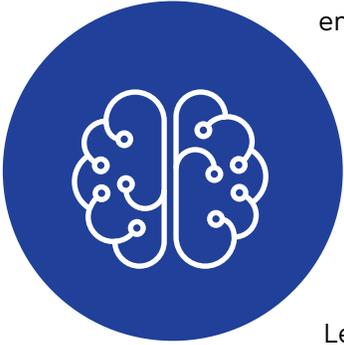
La solution matérielle n'est maintenant plus distincte de la solution logicielle, et ce pour un nombre grandissant de produits. La numérisation s'observe également dans le domaine des transports collectifs, avec l'intégration de technologies avancées dans le matériel roulant, qui permettent la collecte de diverses données en temps réel. Les trains, les métros et les tramways font maintenant appel à ces technologies. Les bâtiments ne font également pas exception à la croissance de l'intensité technologique des produits finis. Le recours aux Proptech (« Property technology »), qui visent à faciliter la vie des occupants de bâtiments résidentiels ou commerciaux, est en forte augmentation. La tendance pourrait s'accélérer avec la pandémie qui forcera les gestionnaires immobiliers à user de stratégies diverses pour ramener les travailleurs dans leurs immeubles à bureaux.

Le virage numérique s'accélère également dans le secteur des services, où la part des interactions entre l'entreprise et le consommateur via une plateforme numérique est en croissance. La pandémie de la COVID-19 a par ailleurs propulsé la numérisation de plusieurs entreprises de services, par exemple dans le secteur du commerce de détail où la complaisance a fait place à l'urgence dans bien des cas. La numérisation des interactions entre l'entreprise et le consommateur génère également les données qui peuvent servir à accroître l'intelligence commerciale et accélérer la croissance.

15 MARCON. « Horizon 2050 et besoins en main-d'oeuvre et formation du secteur des transports électriques et intelligents au Québec », Propulsion Québec, Juillet 2020.

Quant à l'impact de ce type de numérisation pour le domaine du génie, il devrait toutefois se circonscrire au génie informatique et en conception de logiciel, dont l'expertise sera recherchée.

Le tributaire de la numérisation croissante est la vulnérabilité accrue des organisations face aux cyberattaques. Polytechnique Montréal a lancé un baccalauréat par cumul en cybersécurité. Il s'agit de la seule université québécoise à offrir la possibilité de décrocher un baccalauréat spécialisé en cybersécurité. Le nombre d'inscriptions au programme est le deuxième plus élevé des programmes de génie offert à Polytechnique Montréal, derrière le génie mécanique.



L'intelligence artificielle et les données massives

Les données massives générées la numérisation des produits finis ou des activités industrielles et commerciales constituent une richesse à exploiter. Le concept d'intelligence artificielle regroupe plusieurs fonctionnalités des ordinateurs et logiciels, dont la reconnaissance des images, de la voix et des vidéos, la créativité augmentée, l'automatisation intelligente, la simulation avancée ainsi que l'analyse et projections automatisées.

Dans le secteur industriel, l'intelligence artificielle est surtout centrée sur¹⁶ :

1. L'apprentissage des machines : l'application d'algorithmes et de codes informatiques pour déceler des tendances dans les données.
2. L'apprentissage profond : une forme plus sophistiquée de l'apprentissage des machines qui permet d'analyser et d'interpréter les images et les vidéos.
3. L'autonomie des objets : Des agents artificiels comme des robots qui peuvent accomplir des tâches qui leur sont assignées.

Les projets d'intelligence artificielle peuvent être initiés dans diverses fonctions de l'entreprise :

- Planification de la demande des produits ;
- Gestion de l'inventaire ;
- Production ;
- Recherche et développement ;
- Contrôle des procédés ;
- Suivi de la qualité ;
- Entretien ;
- Gestion de l'énergie.

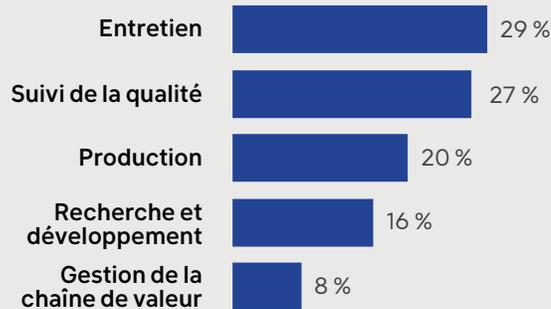
L'institut de recherche Capgemini a mené une étude auprès de 300 organisations à travers le monde œuvrant dans quatre segments manufacturiers : l'aérospatial et la défense, les produits de consommation, l'automobile et le manufacturier industriel. Il a répertorié 102 initiatives en intelligence artificielle, et observé que 29% d'entre elles avaient trait à l'entretien des équipements de production, alors que 27% étaient liées au suivi de la qualité.

¹⁶ CAPGEMINI. « Scaling AI in Manufacturing Operations: A Practitioners' Perspective », 2019.

SCHÉMA 37

Répartition des projets d'intelligence artificielle dans 300 organisations du secteur manufacturier à travers le monde selon la fonction

2019; en % de l'ensemble des projets (102 projets)



Source: Capgemini

Mis à part le secteur manufacturier, d'autres secteurs comme celui des mines, où la télédétection et l'analyse des données au moyen d'algorithmes précèdent dorénavant les forages, verront un recours grandissant à l'intelligence artificielle. La démocratisation de l'intelligence artificielle aura un impact certain et majeur sur la profession d'ingénieur sur l'horizon 2030. Les membres de l'OIQ ont désigné l'intelligence artificielle comme la tendance qui aura l'impact le plus marqué sur la profession de génie parmi celles suggérées dans le cadre du sondage mené pour la présente étude. Une proportion de 82% des répondants soutiennent qu'elle aura un impact minimalement important sur la profession de génie, et 46% croient que l'impact sera très important. L'impact sera transversal sur l'ensemble des professions du génie, mais devrait affecter particulièrement le génie industriel, électrique, chimique, informatique et de logiciel.

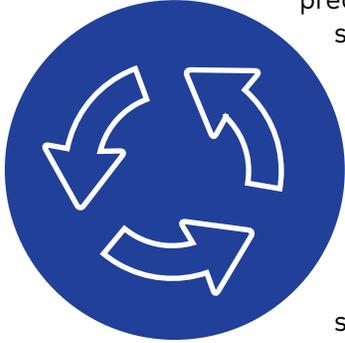
Le jugement de l'ingénieur sera de plus en plus sollicité pour interpréter les analyses et prévisions effectuées par les algorithmes. Les nouvelles habiletés clés à maîtriser dans cette transition vers un monde où l'intelligence artificielle est omniprésente seront toutefois l'adaptabilité et la gestion du changement.

Au lieu de se draper dans une méthode de travail et des outils de travail statiques, l'ingénieur devra demeurer constamment sur le qui-vive pour être à l'affût des nouvelles techniques et adopter les derniers outils disponibles. Les mutations technologiques s'opéreront plus rapidement que par le passé, et l'ingénieur devra demeurer ouvert d'esprit et prêt à apprendre rapidement.

À la question « Quelles nouvelles compétences l'ingénieur aura à apprendre avec la montée de l'intelligence artificielle », l'expert David Wood de l'organisme London Futurist mentionne l'adaptation au travail avec les robots¹⁷. Il évoque également des compétences essentielles non techniques comme le travail collaboratif et les partenariats, qui aideront l'ingénieur à se tenir informé des dernières avancées technologiques, de même que l'intelligence émotionnelle qui lui permettra de rendre plus harmonieuse les transitions et la gestion du changement.

17 INTERESTING ENGINEERING. « How Artificial Intelligence Is Going to Transform the Engineers' Jobs », Août 2019.

4.2. Les tendances environnementales



Sur l'horizon 2030, l'environnement prendra une place prépondérante au sein des préoccupations sociétales. La lutte aux changements climatiques et à la pollution s'incarnera principalement par une nécessaire transition énergétique, un vaste chantier d'électrification des transports ainsi que par le recours accru à l'utilisation de matériaux avancés et viables pour l'environnement. L'adaptation aux changements climatiques affectera également le travail de l'ingénieur, de même que la croissance de l'économie circulaire.

Un rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)¹⁸ publié en 2018 a éveillé les consciences quant à la crise climatique et à l'urgence avec laquelle l'humanité doit agir pour éviter le scénario catastrophique auquel elle vouée en maintenant le statu quo. Depuis, l'opinion publique est beaucoup plus favorable à des actions concrètes de la part des gouvernements pour renverser la tendance et limiter les dégâts anticipés du réchauffement planétaire.

En matière d'émissions de gaz à effet de serre, le Québec a une performance enviable par rapport aux autres juridictions en Amérique du Nord. Néanmoins, il y a grandement place à l'amélioration, avec des émissions de 79 millions de tonnes équivalentes (Mt éq) de gaz à effet de serre en 2017, dont 68% provenaient des énergies fossiles¹⁹. Lorsqu'on analyse les émissions par secteur, celui des transports se classe premier avec 43,3%, suivi par le secteur industriel (30,5%). Ces deux secteurs comptent pour près des trois quarts des émissions totales du Québec. Les efforts dévoués à la lutte aux changements climatiques devront se concentrer principalement dans ces deux secteurs.

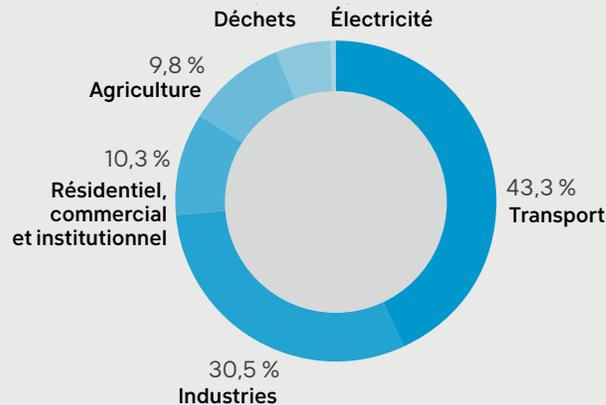
18 GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT. « Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C », Octobre 2018.

19 GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. « Plan pour une économie verte 2030 », Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Novembre 2020.

SCHÉMA 38

Répartition des émissions de gaz à effet de serre du Québec par secteur

2017; en % des émissions totales



Source: Gouvernement du Québec, Analyses Aviseo Conseil.

L'électrification des transports et la transition énergétique constituent les piliers de la stratégie du gouvernement du Québec pour atteindre les cibles fixées dans son Plan vert déposé en novembre 2020²⁰. Ce plan prévoit une réduction des émissions totales du Québec de 25 Mt éq en 2030 par rapport à 2017, soit -32%. Des sommes significatives sont associées à ces objectifs afin d'opérer et d'accélérer les mutations nécessaires.

En matière d'électrification des transports, 1,9 G\$ sont prévus sur la période 2021-2026 seulement pour le transport des personnes. On veut principalement stimuler l'adoption des versions électriques des véhicules légers, autobus urbains et autobus scolaires, en offrant des subventions à l'achat et en s'engageant à renouveler les flottes gouvernementales. La vente de véhicules à essence sera interdite dès 2035, ce qui lance le signal d'une transition imminente vers les modes électriques. Le gouvernement favorisera l'émergence d'une filière de batteries électriques au Québec et la conception de produits innovants dédiés aux véhicules électriques, avec une enveloppe de 50 M\$.

La grappe industrielle Propulsion Québec vise à regrouper les forces de l'industrie et agir de manière concertée pour faire du Québec le leader mondial dans des segments d'activités liés aux transports électriques et intelligents. L'objectif est d'inscrire le Québec sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'industrie, en commençant par l'extraction des métaux stratégiques comme le graphite et le lithium, une composante des batteries lithium-ion utilisées dans les véhicules électriques.

En plus de l'établissement d'une chaîne de valeur complète du véhicule électrique, l'électrification du transport au Québec s'incarnera par la mise en œuvre de plusieurs projets de transport collectif électrique d'envergure. Cinq projets figurent au Plan québécois des infrastructures 2020-2030 et sont prévus au plan d'accélération des projets d'infrastructure du gouvernement du Québec pour stimuler la croissance économique. Leur construction devrait être lancée dans la première moitié de la décennie 2020.

20 Site web de Propulsion Québec, <https://propulsionquebec.com/a-propos/mission/#>.

Ces projets auront un impact sur la demande de professionnels en génie dont les compétences s'arriment au transport collectif, notamment sur rail.

Dans le secteur industriel, alors que 52,6% des émissions proviennent des procédés de fabrication et 46,8% de combustibles fossiles à des fins énergétiques, le Plan vert du gouvernement du Québec réserve des sommes de 719,2 M\$ pour appuyer les entreprises dans leur décarbonisation et leur conversion énergétique.

Une stratégie visant à faire du Québec un leader dans la production d'hydrogène vert et de bioénergies sera lancée en 2021 afin d'accroître de 50% la production de bioénergies d'ici 2030. Déjà, un projet d'envergure a été lancé à Varennes en décembre 2020 par Hydro-Québec et des partenaires pour la construction d'un électrolyseur de 88 mégawatts pour la production d'hydrogène vert afin d'alimenter une usine de production de biocarburants à partir de matières résiduelles non recyclables²¹.

Du côté des bâtiments résidentiels, commerciaux et institutionnels, les sommes déployées par le gouvernement du Québec seront pour la conversion des systèmes de chauffage à énergie fossile vers l'électricité ou des systèmes bi-énergétiques. Le Plan prévoit un appui de 377,9 M\$ à cet effet sur l'horizon 2026, ainsi que 75 M\$ pour l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments. Le recours au bois, un matériau à faible empreinte carbone, sera favorisé par la levée des barrières réglementaires qui limitent son utilisation et par l'appui à des projets de démonstration dans les constructions multi résidentielles et commerciales.

Pour l'agriculture, les efforts se dirigeront vers les technologies visant à réduire les émissions de méthane. On veut également accroître l'électrification à la ferme.

Un chantier névralgique dans la lutte aux changements climatiques aura également trait à l'adaptation aux événements météorologiques et naturels hors norme. Selon les projections des scientifiques, un certain niveau de dérèglement climatique est inévitable, ces événements devraient augmenter en nombre. Des simulations de professeurs en génie civil et génie des eaux de l'Université Laval sur sept rivières du Québec démontrent que les dommages résultant d'inondations provoquées par des embâcles pourraient augmenter, en moyenne, de 30% au cours des prochaines décennies²². Cela aura des répercussions inévitables sur la gestion des infrastructures publiques, et les compétences des professionnels en génie seront sollicitées pour atténuer les effets négatifs. Les entreprises devront également de plus en plus incorporer l'effet des changements climatiques dans la conception et l'entretien des actifs, et dans les décisions stratégiques et opérationnelles. L'expertise de l'ingénieur sera indispensable.

21 GOUVERNEMENT DU QUÉBEC « Québec investit plus de 160 M\$ pour l'implantation d'une usine de production de biocarburants à Varennes », 8 décembre 2020.
 22 TURCOTTE.B, MOOSE. B et PELCHAT. G « Impact of Climate Change on the Frequency of Dynamic Breakup Events and on the Risk of Ice-Jam Floods in Quebec, Canada » Department of Civil and Water Engineering, Université Laval, Quebec City

La réappropriation des berges et des cours d'eau constitue une tendance de fonds partout dans le monde. La préoccupation à l'égard de la qualité de l'eau des rivières et des lacs du Québec sera grandissante, et des investissements sont à prévoir en ce sens. Des municipalités comme Montréal et Longueuil prévoient par exemple la construction de bassins de rétention pour diminuer le volume des surverses des réseaux d'égout lors de fortes pluies. La mise à niveau des installations d'assainissement des eaux usées afin de mieux traiter les résidus de médicaments, détergents et bactéries sera un chantier important. Montréal prévoit des investissements de 500 M\$ pour la mise en place d'un système d'ozonation ultra-performant à son usine de l'Est de Montréal²³. La gestion des microplastiques sera aussi une préoccupation et, à l'échelle mondiale, les pénuries d'eau s'intensifieront de manière concomitante aux changements climatiques. Des entreprises québécoises conçoivent et fabriquent des technologies dans ce secteur, par exemple des systèmes de désalinisation de l'eau par osmose inversée.

Un autre pan de la lutte à la pollution au Québec s'incarnera par la décontamination de terrains souillés par les activités industrielles passées. Une enveloppe de 100 M\$ est prévue pour la décontamination, le réaménagement, la revalorisation et la mise à niveau de terrains dans l'Est de Montréal²⁴. En octobre 2020, la Ville de Montréal a procédé au lancement des travaux de décontamination de neuf terrains municipaux, totalisant 4 millions de pieds carrés²⁵. La réhabilitation des terrains municipaux devrait être complétée d'ici la fin de l'année 2022. Au fur et à mesure que les efforts de revitalisation de l'Est de Montréal se déploieront, d'autres terrains privés devront être décontaminés. La revitalisation urbaine un peu partout au Québec stimulera également la demande de services de décontamination. Le gouvernement du Québec prévoit en tout octroyer 175 M\$ pour les efforts de décontamination à travers le Québec.

L'économie circulaire gagnera de la vigueur. Dans le monde du génie, elle s'incarnera par le remplacement de matériaux traditionnels par des matériaux recyclés.

Déjà, nous voyons poindre des projets innovateurs et porteurs pour l'avenir, comme la fabrication de maisons en structure d'acier recyclé²⁶, le remplacement de l'acier par des bouteilles de plastique recyclées dans des caissons de systèmes de ventilation²⁷, ainsi que le remplacement du ciment par du verre recyclé.

Les bénéfices environnementaux et les mesures d'atténuation des effets négatifs de tous les projets d'ingénierie devront de plus en plus être mis de l'avant et expliqués publiquement afin de recevoir l'adhésion. L'acceptabilité sociale est un risque croissant pour la réalisation des projets, la population étant plus éduquée, informée et sensible aux enjeux environnementaux qu'auparavant.

23 Radio-Canada « L'usine d'ozonation de Montréal coûtera un demi-milliard de dollars », Novembre 2019.

24 Entente conclue entre la Ville de Montréal et le gouvernement du Québec en mars 2019.

25 VILLE DE MONTRÉAL. « Le nouvel essor de l'Est de l'île se poursuit : Montréal entreprend la décontamination des terrains municipaux », communiqué de presse du 30 octobre 2020.

26 BONE STRUCTURE. <https://bonestructure.ca/fr/technologie/>

27 Newswire. « Annexair dévoile la toute première unité de ventilation en Biocomposite sur le marché du HVAC », 4 février 2020

4.3.

Les tendances économiques, démographiques et sociales

Des tendances économiques, démographiques et sociales auront une incidence sur la demande et le travail des professionnels en génie au cours des dix prochaines années. Le renouvellement et les projets d'expansion des infrastructures contribueront à la relance économique. Le vieillissement de la population générera de nouveaux besoins en matière de technologie. Finalement, le domaine du génie sera de plus en plus marqué par la présence des femmes et la diversité culturelle.

Le renouvellement des infrastructures publiques et les projets d'expansion



Le parc d'infrastructures publiques du Québec a principalement pris forme durant la Révolution Tranquille, alors que l'État québécois procédait à des investissements records, lesquels ont atteint près de 4% du PIB au tournant des années 1960. C'est pendant cette décennie que sont apparues des structures d'envergure qui font toujours partie de notre paysage collectif: le Métro de Montréal (1966), l'échangeur Turcot (1967), le pont Laviolette (1967), le pont-tunnel Louis-Hyppolyte-Lafontaine (1967), le pont Pierre-Laporte (1970) et l'autoroute 20 (en construction de 1961 à 1970).

À la suite de cette période faste, la qualité des infrastructures publiques québécoises s'est graduellement effritée, minée par des décennies de sous-investissements. Après avoir atteint des niveaux aux alentours de 3% à 4% du PIB à chaque année entre 1960 et 1975, les investissements en infrastructure du gouvernement et des municipalités québécoises ont chuté au début des années 1980. Ils se sont maintenus autour de 1,5% du PIB jusqu'en 2007²⁸. De manière prévisible, cette insouciance a rattrapé les instances publiques chargées de veiller au bon état de nos infrastructures collectives. Les effondrements successifs du viaduc de la Concorde à Laval en 2006, responsable de cinq morts et de six blessés, et d'un paralume sur l'autoroute Ville-Marie à Montréal en 2011 témoignent d'un sous-investissement chronique, étalé sur une trop longue période.

Le premier des deux événements a forcé la main du gouvernement du Québec qui, dans son Budget de 2007, a haussé de 1,8 G\$ les dépenses dédiées à la réfection et à l'entretien du réseau routier et de ses structures. Les investissements annuels en infrastructures de transport entrepris par le gouvernement du Québec ont dès lors bondi de 107 %²⁹ en 2009 par rapport à 2006.

La décennie 2010 a également été marquée par une hausse généralisée des investissements en infrastructure. Ne pouvant plus dissimuler la problématique, toutes les catégories d'infrastructures publiques telles que les réseaux d'eau, les écoles, les hôpitaux, les administrations publiques se sont vues acculées au pied du mur et ont dû délier les cordons de leur bourse. Le concept de « déficit d'entretien des actifs », qui désigne la valeur des investissements requis pour rétablir un parc d'infrastructure dans un état physique satisfaisant, est devenu un terme à la mode. Bénéficiant entre autres des programmes de stimulation économique lancés par le gouvernement fédéral pour

²⁸ FORTIN, P., « Les infrastructures, ça urge ! », L'Actualité, 4 mars 2020.

²⁹ CENTRE SUR LA PRODUCTIVITÉ ET LA PROSPÉRITÉ. « Les infrastructures publiques au Québec : évolution des investissements et impact sur la croissance de la productivité », HEC Montréal, 2011.

sortir de la crise économique de 2008-2009, les investissements en infrastructure publique du gouvernement et des municipalités québécoises ont dépassé 3% du PIB entre 2009 et 2011, une première depuis 1975. Depuis, ils se maintiennent aux alentours de 2,5%.

Malgré les efforts déployés depuis plus d'une décennie, et à l'instar de plusieurs autres juridictions en Amérique du Nord, le Québec fait toujours face à un déficit d'entretien de ses infrastructures publiques considérable, évalué à 25 milliards de dollars³⁰ en 2019. Pour y remédier, le gouvernement du Québec prévoit des investissements d'une valeur de 130,5 G\$³¹ sur la période 2020 à 2030. Plus de la moitié des investissements (58%) seront dédiés au maintien des actifs actuels, la balance étant dédiée à des projets de bonification. Les catégories d'infrastructure qui bénéficieront des plus importantes sommes sont le réseau routier (27 G\$), l'éducation (25 G\$), la santé et les services sociaux (20 G\$), de même que les transports collectifs (14 G\$). Le schéma 40 présente les détails en ce sens.

Le déploiement de certains des investissements sera accéléré par rapport à l'échéancier initial dans le contexte de la récession économique causée par la pandémie. Le Projet de loi n° 66 sur la Loi concernant l'accélération de certains projets d'infrastructure adopté par le parlement en décembre 2020 prévoit une série de mesures d'accélération et d'allègements administratifs pour la mise en œuvre des projets. Les exigences en matière d'autorisations environnementales seront entre autres diminuées, la finalité étant de générer une impulsion économique en temps opportun pour un retour rapide à la croissance.

Parmi les 181 projets qui figurent au projet de loi, on retrouve la construction de maisons pour aînés (27), la construction et la réfection d'hôpitaux et autres établissements de santé (54), la construction ou réfection de pont et de routes (45), des projets de transport collectif structurants (5), la construction et réfection d'écoles, de collèges et d'universités (40) et finalement la construction ou réfection de divers bâtiments abritant des tribunaux, services policiers ou autres (7).

Aux investissements prévus par le gouvernement du Québec s'ajoutent ceux du gouvernement fédéral. Nous notons entre autres la construction du terminal portuaire à Contrecoeur, et la déconstruction du pont Champlain qui constitueront des chantiers majeurs au cours des prochaines années. Via Rail, une société fédérale, a aussi dans ses cartons un projet de train à grande fréquence dans le corridor Québec-Toronto. Les municipalités injecteront également massivement des sommes pour réhabiliter leurs infrastructures. Les réseaux d'eau, les infrastructures routières et les projets de transport collectif recevront une grande part des investissements.

Les professionnels en génie civil seront très sollicités par tous ces projets. Le renouvellement des infrastructures publiques et les projets de bonification constituent d'ailleurs la tendance la plus importante pour la profession de génie civil au cours des dix prochaines années selon l'enquête auprès des membres de l'OIQ. Néanmoins, les compétences des professionnels en génie mécanique, électrique, industriel, informatique et de logiciel seront également mises à profit pour la réalisation des projets³².

30 FORTIN, P. « Les infrastructures, ça urge! », L'Actualité, 4 mars 2020.

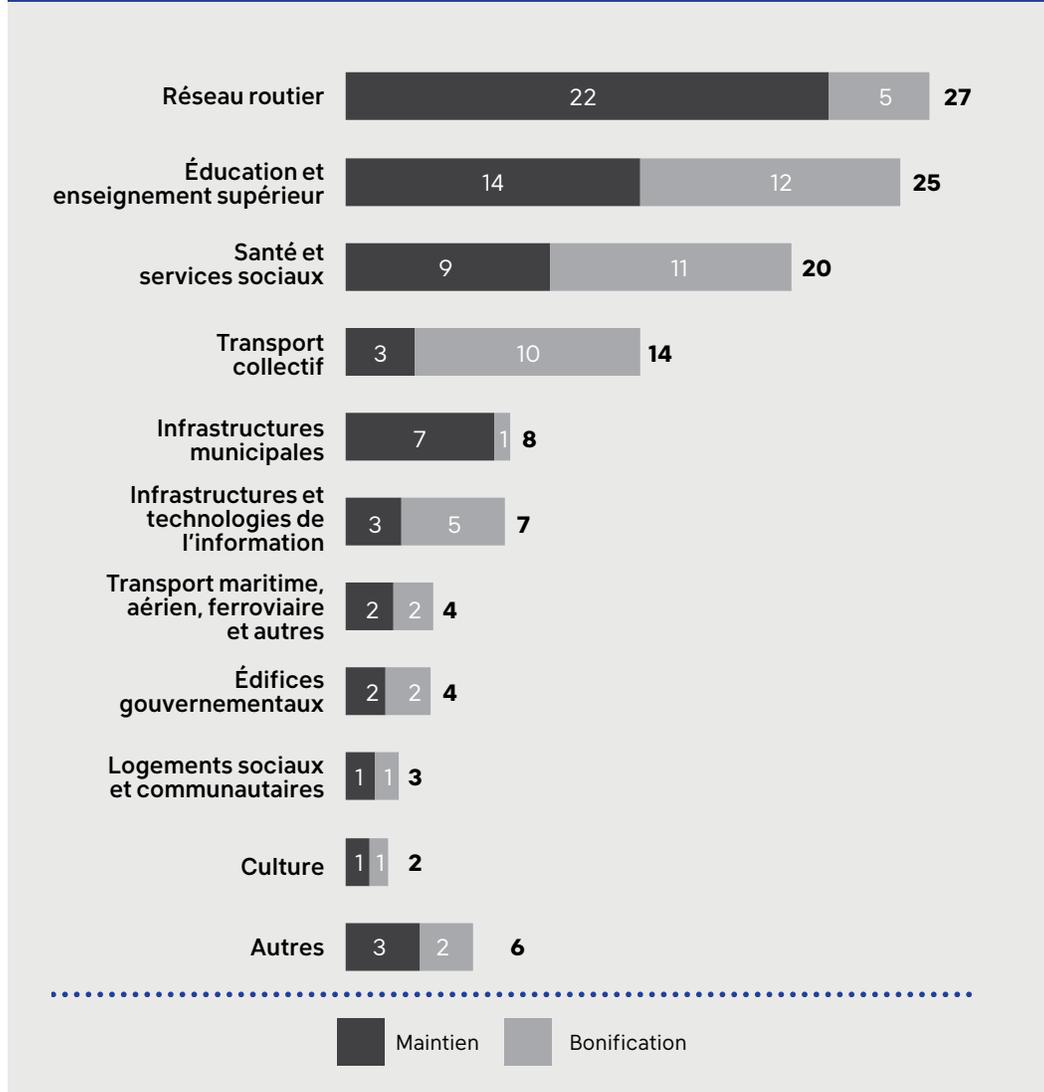
31 GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. « Plan québécois des infrastructures 2020-2030 », mars 2020.

32 Selon les résultats de l'atelier de travail tenu le 4 décembre 2020 dans le cadre du présent mandat.

SCHÉMA 39

Investissements prévus au Plan québécois des infrastructures, selon la catégorie

2020-2030, en milliards de dollars



Sources : Plan québécois des infrastructures 2020-2030.

Une enveloppe centrale de 14 G\$ s'ajoute aux enveloppes sectorielles. Analyses Aviseo Conseil

Le vieillissement de la population

Le nombre de personnes âgées de 65 ans et plus augmentera de +562 900 personnes entre 2020 et 2030 au Québec, tandis que le nombre de personnes âgées de 85 ans et plus s'accroîtra de + 102 000 personnes. Cette tendance démographique aura un impact majeur dans plusieurs pans de la société et de l'économie. Les services de santé devront faire preuve de créativité et de souplesse pour répondre à une demande sans cesse croissante avec des ressources limitées. Les compétences des professionnels en génie seront mises à contribution afin d'accroître la productivité et l'agilité du système. Les professionnels en génie logiciel pourront travailler sur les technologies de la santé permettant la promulgation de services en mode virtuel.

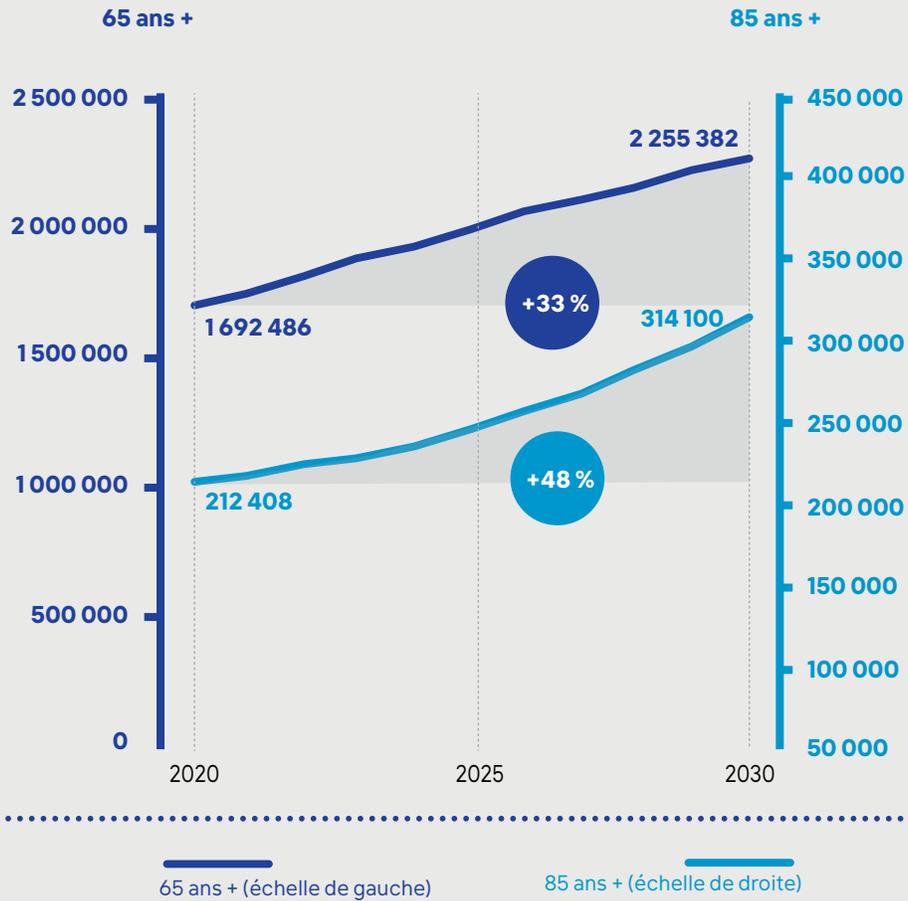
De même, les professionnels en génie mécanique et industriel pourront travailler sur le développement et la fabrication de technologies et d'équipements facilitant la vie des personnes âgées dans leur domicile. Le désir des personnes âgées de demeurer le plus longtemps à domicile s'intensifie depuis quelques années, et la pandémie COVID-19 risque d'amplifier cette tendance. Des entreprises qui offrent des produits comme des ascenseurs résidentiels et des plates-formes élévatrices, devraient voir la demande pour leurs produits s'accroître. L'industrie devra s'adapter à cette tendance, et la recherche et développement en matière de technologies avancées pour l'accompagnement des personnes âgées dans leur domicile, comme des robots devrait s'intensifier.

D'ailleurs, une grappe d'entreprises de la région de l'Estrie, gravitant autour de l'organisme sans but lucratif Sage-Innovation financé par le gouvernement du Québec dans le cadre du programme de créneaux ACCORD, est active dans le domaine des technologies et solutions liées à la perte d'autonomie et le vieillissement, le continuum du médicament et les technologies de l'informatique en santé. Les professionnels en génie de plusieurs disciplines œuvrent au sein des entreprises de ces filières, dont les perspectives de croissance, soutenues par la démographie, semblent bonnes.



SCHÉMA 40

Projection du nombre de personnes âgées au Québec 2020 à 2030 ; en nombre



Source: Institut de la Statistique du Québec, Aviseo Conseil 2020.

La diversité culturelle dans les milieux travail

Les efforts en matière de reconnaissance des diplômes par l'OIQ ainsi que l'augmentation du nombre d'étudiants étrangers formés par les universités québécoises auront pour effet d'accroître la diversité culturelle dans les milieux de travail. Il s'agit d'une tendance en cours depuis plusieurs années, mais qui est vouée à s'accélérer.

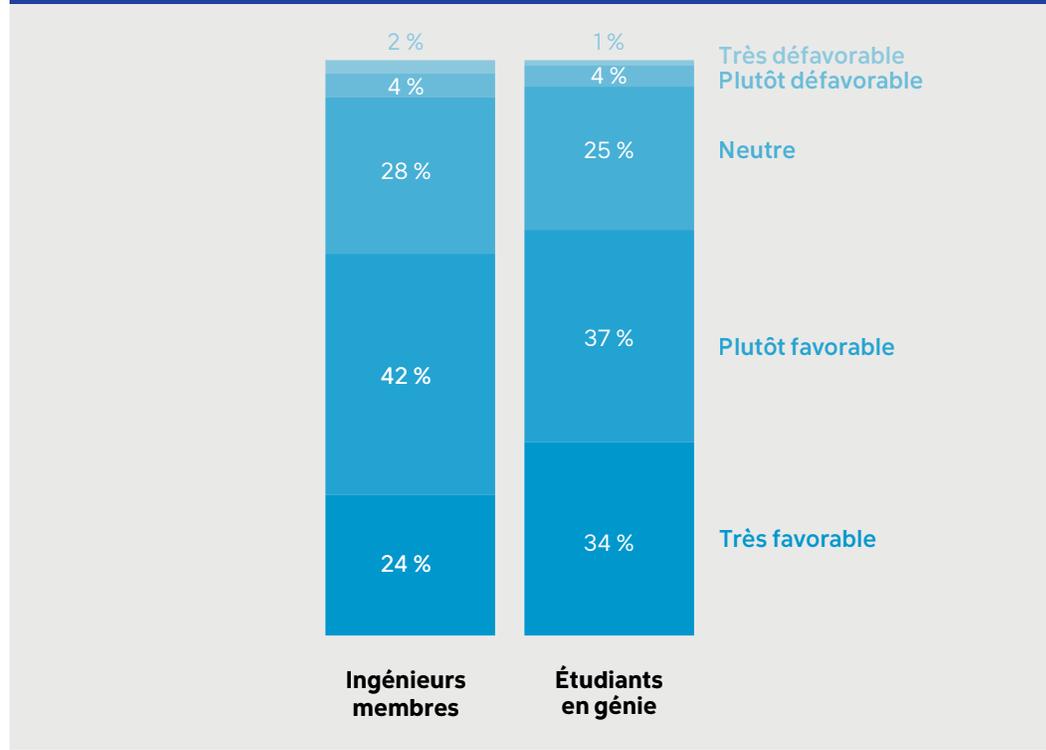
Les sondages menés dans le cadre du présent mandat nous informent que les ingénieurs membres de l'OIQ sont majoritairement favorables à une hausse du nombre d'ingénieurs immigrants au Québec. Les deux tiers sont au moins plutôt favorables, alors que près du quart (24%) sont très favorables. Les étudiants en génie sont encore plus ouverts à travailler avec des ingénieurs issus de l'immigration. 71% d'entre eux sont plutôt favorables, dont 34% se disent très favorables.



SCHÉMA 41

Perception quant à l'augmentation du nombre de professionnels en génie issus de l'immigration et pratiquant au Québec

2020; en % des répondants



Source: Enquête auprès des membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec (4 au 20 novembre 2020) et des étudiants en génie (du 9 au 27 novembre 2020) Aviseo Conseil 2020.

Bien que la majorité des ingénieurs aie une perception positive face à l'immigration et que celle-ci soit vouée à s'améliorer avec la montée des plus jeunes générations, la diversité culturelle croissante au sein des organisations pose des défis tangibles.

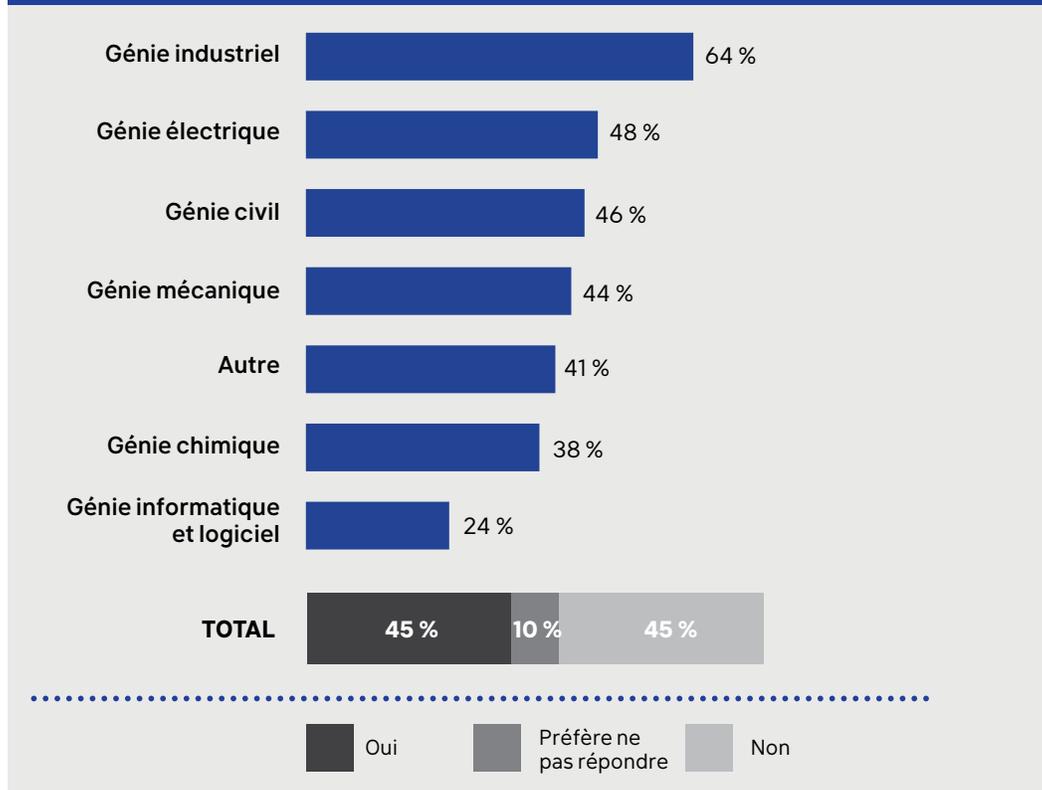
Près de la moitié (45%) des répondants au sondage qui sont issus de l'immigration affirme d'ailleurs avoir fait face à des obstacles en raison de son statut d'immigrant. Cette proportion atteint même 56% pour les ingénieurs immigrants dans les régions ressources.

Au cours des entrevues menés avec des ingénieurs et des donneurs d'ordre, certains ont fait part de la difficulté des ingénieurs à être convoqués en entrevue en raison de leur nom à consonance étrangère. On peut penser que l'accession aux postes de direction est également plus difficile pour les ingénieurs issus de l'immigration. D'ailleurs, 74% des ingénieurs immigrants ou non-citoyens sondés croient aux effets positifs des objectifs de représentation équitable des ingénieurs issus de la diversité sur les conseils d'administration, au sein de la haute direction des entreprises, et des comités de travail. La différence est marquée avec les ingénieurs nés citoyens canadiens, dont moins de la moitié (47%) croit que ces objectifs ont des effets positifs.

SCHÉMA 42

Répondants qui affirment avoir fait face à des obstacles dans leur carrière à cause de leur statut d'immigrant, pour l'ensemble des répondants et selon le domaine

2020; en pourcentage du nombre total de répondants issus de l'immigration



Source: Enquête auprès des membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec (4 au 20 novembre 2020)
 Aviseo Conseil 2020.

Les entrevues menées auprès des membres de l'OIQ et donneurs d'ordres nous ont permis de constater des efforts soutenus des organisations pour promouvoir la diversité et l'inclusion et faciliter la vie des travailleurs issus des groupes minoritaires. Plusieurs nous ont mentionné la création d'un poste spécifique à cet égard, qui porte souvent un titre s'apparentant à « Chef de la diversité et de l'inclusion ». De plus, on a fait mention d'un recours de plus en plus fréquent et intense à la collaboration entre ingénieurs issus de diverses cultures, mais basés dans leur propre pays. Ces collaborations peuvent s'opérer au sein d'une même firme qui possède des établissements à l'étranger, ou dans le cadre de partenariats avec des entreprises externes. L'augmentation en fréquence de ces collaborations peut s'expliquer par la complexité et l'envergure croissante des projets d'ingénierie, qui nécessitent diverses formes de compétences ainsi que la dilution des risques à travers plusieurs organisations.

La place grandissante des femmes dans la profession

La place grandissante des femmes dans la profession de génie se reflète non seulement par une présence plus marquée en nombre, avec une augmentation de 12% à 15%³³ entre 2000 et 2015, mais par une plus grande influence sur les environnements de travail et dans la prise de décision. À ce titre, leur part relative est encore plus élevée dans les postes de direction (19,4%)³⁴.

Les répercussions d'une influence grandissante au sein de la profession d'ingénieur tendent à se manifester de diverses façons. Selon les informations colligées au cours des entrevues, la présence des femmes tend à aplanir la structure hiérarchique au sein des équipes de travail. Une dynamique de travail plus horizontale tend à s'établir lorsque davantage de femmes sont impliquées, ce qui facilite la collaboration entre les membres de l'équipe et le recours à l'intelligence collective. Une plus grande diversité au sein des équipes amène également une pluralité de perceptions et de points de vue, qui est bénéfique dans la recherche de solutions optimales aux problématiques. Les femmes tendent à voir les enjeux d'un angle différent, et cela contribue à ce que les équipes d'ingénieurs définissent de meilleures solutions. Un ingénieur nous donnait l'exemple des coussins gonflables qui, en raison de l'absence de femmes dans l'équipe de recherche et développement, avaient été initialement conçus d'une façon telle qu'ils posaient un danger de blessure pour les femmes en raison de leur morphologie différente.

Nos entrevues avec les représentants de la profession nous ont également permis de mieux comprendre la plus grande représentativité des femmes au sein des postes de direction dans le domaine du génie. En faisant gare aux clichés et aux généralisations, les ingénieures peuvent être moins attirées par les emplois qui font uniquement appel aux compétences techniques. Elles peuvent être davantage intéressées à mettre leurs compétences aux services de projets qui requièrent des habiletés de gestion de personnel, et peuvent se montrer plus motivées par le travail collaboratif.

Le sondage auprès des membres de l'OIQ démontre que les femmes sont davantage portées à croire que l'intelligence émotionnelle, les relations interpersonnelles et le travail collaboratif gagnera en importance sur l'horizon 2030. Bien que les femmes se soient montrées davantage optimistes pour l'ensemble des compétences soumises, à l'exception de l'apprentissage en continu de manière autonome, l'écart entre les hommes et les femmes pour les compétences citées est plus marqué. Seul celui pour la gestion du changement est plus élevé.



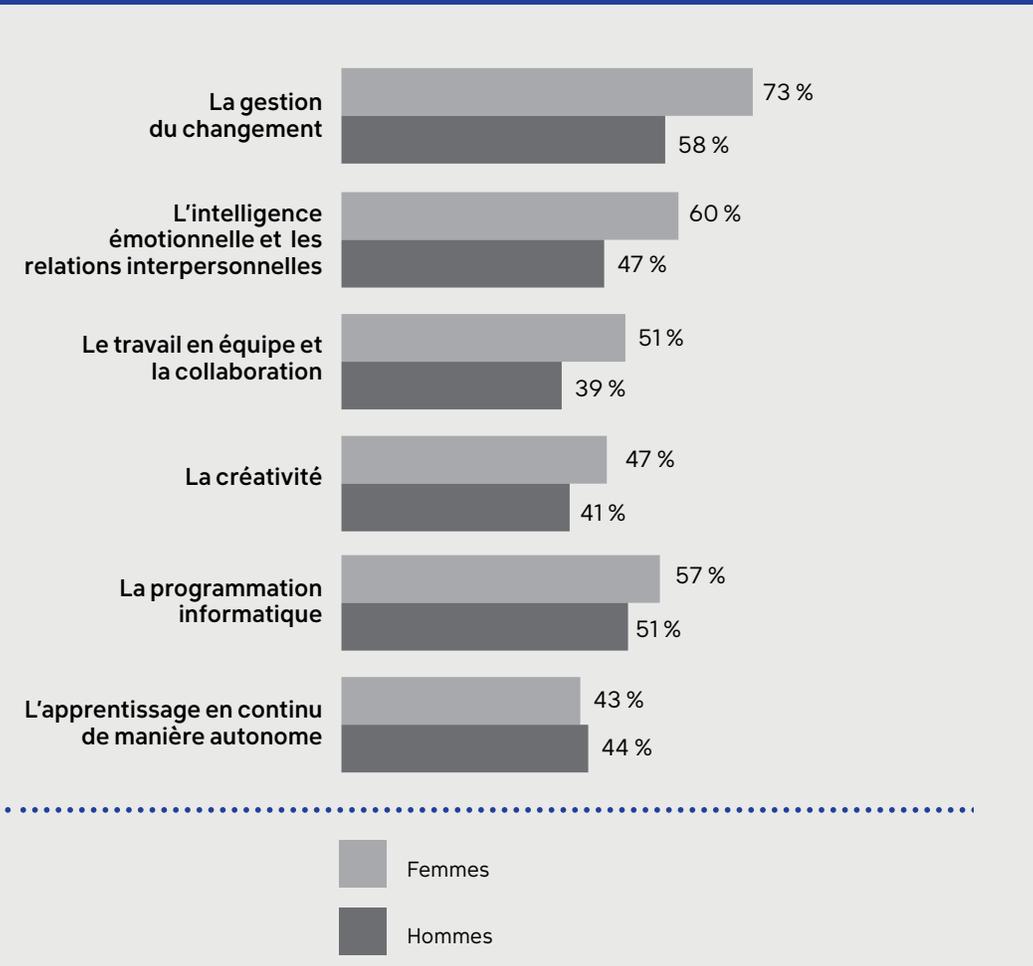
33 Statistique Canada, Recensement 2016.

34 Voir section 1.7 du présent rapport.

SCHÉMA 43

Évolution des compétences de l'ingénieur sur l'horizon 2030, selon le sexe du répondant

2020; pourcentage des répondants qui ont croient que la compétence gagnera en importance



Source: Enquête auprès des membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec (4 au 20 novembre 2020) Aviseo Conseil 2020.

L'ensemble de ces tendances ont servi à calibrer les prévisions d'effectifs, tant pour les besoins que pour l'offre. Certains ajustements sont apportés à la marge, mais c'est l'addition de tous ces ajustements qui augmente la fidélité des perspectives à ce que pourrait être la réalité dans la prochaine décennie.

4.4.

Les industries d'avenir

Les tendances technologiques, environnementales, économiques et sociales énoncées provoqueront la montée de nouvelles industries ou catalyseront des changements structurels au sein d'industries matures. Dans d'autres cas, elles modifieront les environnements de travail et les façons de faire.

Le génie québécois sera au cœur de la transition vers l'industrie 4.0 et la lutte aux changements climatiques et à la pollution, nécessaires pour l'économie et la société. Pour opérer ces transitions, des capitaux seront massivement injectés dans plusieurs industries pour accroître les capacités de production. Dans certains cas, la demande du marché du travail pour les professionnels en génie de certaines disciplines s'en verra accrue, alors que dans d'autres cas, ce sont les compétences et les méthodes de travail qui seront chamboulées.

Nous esquissons ici un survol des industries dans lesquelles œuvrent un bon nombre de professionnels en génie qui vivront les tendances énoncées et qui en bénéficieront.

Fabrication de composantes de véhicules électriques

L'électrification des transports sera sans contredit un chantier économique majeur au Québec au cours de la décennie 2020. Avec comme objectif de devenir un leader mondial dans le domaine, le Québec désire s'inscrire sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'industrie, de l'extraction de métaux stratégiques jusqu'à la récupération des batteries lithium-ion en fin de vie, en passant par la fabrication d'une panoplie de véhicules et de bornes de recharge.

Bien qu'on ne prévoit pas la naissance d'une filière du véhicule électrique léger au Québec, des entreprises d'envergure fabriquent la version électrique de la plupart des autres types de véhicules. De plus, Propulsion Québec et le gouvernement du Québec sont à pied d'œuvre pour développer une filière des batteries lithium-ion sur le territoire. La batterie constitue la composante d'un véhicule électrique qui a le plus de valeur, et les métaux stratégiques entrant dans sa fabrication sont présents dans le sous-sol québécois.

Une étude de Marcon³⁵ menée pour le compte de Propulsion Québec prévoit que le parc de véhicules automobiles légers électriques et intelligents en Amérique du Nord passera de 1,4 million en 2019, à 86,4 millions en 2030. Ils représenteront à ce moment 27,5 % de la flotte totale de véhicules, comparativement à seulement 0,5% en 2019. Le gouvernement du Québec a quant à lui énoncé une cible de 1,5 millions pour les véhicules légers électriques en 2030. Il s'agit d'une occasion à saisir pour une éventuelle filière de la batterie lithium-ion. De plus, on verra l'apparition de 3,3 millions de véhicules moyens comme des camions urbains d'ici 2030 en Amérique du Nord, et de plus de 700 000 véhicules lourds comme des autobus urbaines et scolaires.



35 MARCON. « Horizon 2050 et besoins en main-d'œuvre et formation du secteur des transports électriques et intelligents au Québec », Propulsion Québec, Juillet 2020.

Pour atteindre ces cibles, les besoins en matière de main-d'œuvre seront particulièrement aigus. Selon l'étude de Marcon³⁶, parmi les professions prioritaires pour l'industrie du transport électrique et intelligent au Québec sur l'horizon 2020-2030, l'ingénieur électricien et électronicien ainsi que l'ingénieur et concepteur en logiciel sont celles pour lesquelles la demande sera la plus forte. Ce sont également ces postes qui présenteront le plus de difficultés à combler en raison de la rareté de main-d'œuvre.

Les ingénieurs électriques interviennent dans la conception et le développement des véhicules électriques, de leurs composantes et des sous-produits électriques. Parmi les onze universités qui offrent le programme de baccalauréat en génie électrique, seule l'Université de Sherbrooke intègre une spécialisation de six crédits axés sur les véhicules électriques avec des cours sur les commandes de chaîne de traction et stratégies de gestion d'énergie des véhicules électriques.

Les ingénieurs et concepteurs en logiciel interviennent dans le développement et la mise à l'essai d'applications logicielles pour systèmes embarqués. Les entreprises cherchent des concepteurs généralistes capables d'intervenir dans différents environnements. Huit universités offrent le baccalauréat en génie informatique et dix le baccalauréat en génie logiciel.

D'autres professions pouvant être exercées par des professionnels en informatique diplômés en génie seront fortement sollicitées par l'industrie du transport électrique et intelligent sur l'horizon 2030. Parmi elles, on note les programmeurs et développeurs en médias interactifs qui développent et mettent à l'essai des applications logicielles, de même que les analystes de base de données et administrateurs.

TABLEAU 6

Nombre d'emplois dans l'industrie du transport électrique et intelligent en 2019 selon l'occupation, et perspectives sur l'horizon 2030 selon le scénario réaliste

CNP	Occupation	Nombre d'emplois concernés en 2019	Besoins à l'horizon 2030*
2133	Ingénieurs électriciens et électroniciens	469	+50 % ou plus
2134	Ingénieurs chimistes	96	+50 % ou plus
2172	Analystes de bases de données et administrateurs	51	+50 % ou plus
2173	Ingénieurs et concepteurs en logiciel	356	+50 % ou plus
2174	Programmeurs et développeurs en médias interactifs	297	+10 % à +49%

Source : Marcon, 2020

36 Ibid.

L'ingénieur chimiste sera également sollicité, principalement dans le développement de la filière des batteries. Leurs compétences seront requises pour la mise au point du matériel et des procédés de transformation chimique pour la fabrication de batteries, ainsi que la supervision des chaînes de montage.

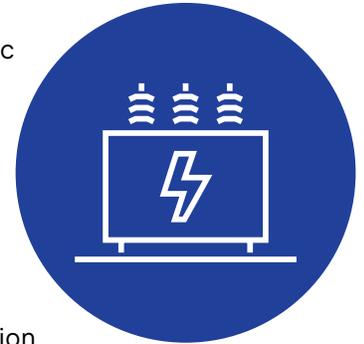
En général, la formation d'ingénieur offerte par les universités québécoises offre une gamme de compétences satisfaisante pour alimenter l'industrie, mais des entreprises déplorent la faiblesse du contenu spécifique à l'électrification des transports dans les cursus actuels³⁷.

Production et stockage d'électricité verte

Dans son Plan pour une économie verte 2030, le gouvernement du Québec énonce l'ambition de devenir un leader en énergies renouvelables. Hydro-Québec est le leader incontesté de la production d'énergie renouvelable au Québec depuis des décennies. La transition énergétique nécessaire pour contrer les effets du réchauffement climatique accroîtra significativement la demande pour l'électricité renouvelable. Cela oblige Hydro-Québec à prendre certaines actions afin d'embrasser et de tirer profit de cette transition énergétique.

Un chantier important est la diversification des sources de production d'électricité renouvelable. Hydro-Québec, comme d'autres entreprises québécoises d'envergure telles Énergir, Boralex et Innergex, investissent massivement dans les énergies éolienne et solaire. Ces entreprises québécoises exploitent des parcs autant au Québec qu'aux États-Unis, en Europe et d'autres continents.

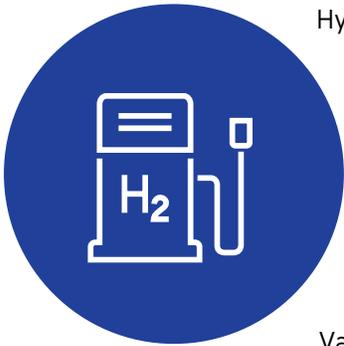
Le stockage d'énergie gagnera en importance au cours des prochaines années. La production d'énergie éolienne et solaire étant moins stable et davantage tributaire des aléas météorologiques, il deviendra crucial d'emmagasiner l'énergie produite afin de lisser sa distribution. En ce sens, Hydro-Québec a lancé une nouvelle division de production de batteries au phosphate de fer lithié à Varennes en décembre 2020. En plus d'utiliser ses batteries pour ses propres installations, Hydro-Québec entend les commercialiser aux producteurs, transporteurs et distributeurs d'électricité et aux marchés industriel et commercial de moyenne et grande échelle. Une batterie a déjà été acquise par Innergex pour un projet éolien en France.



Hydro-Québec veut saisir 10% du marché international de stockage d'énergie en 2030, ce qui nécessitera davantage de professionnels en génie, principalement électrique, mécanique et chimique.

37 Ibid.

Hydrogène et biocarburants



Hydro-Québec sera également un acteur majeur du développement de la filière de production d'hydrogène vert. À l'opposé de l'hydrogène gris qui est extrait d'énergies fossiles et de l'hydrogène bleu qui est produit à partir des mêmes sources mais dont le procédé de fabrication inclut le captage et le stockage des émissions de CO₂, l'hydrogène vert est fabriqué à partir d'eau et d'énergie renouvelable. À l'opposé de l'hydrogène gris dont l'empreinte carbone est élevée, la production d'hydrogène vert est complètement exempte d'émissions de gaz à effet de serre.

En décembre 2020, Hydro-Québec a annoncé qu'elle construira et exploitera, à Varennes, l'un des électrolyseurs les plus puissants au monde pour la production d'hydrogène vert³⁸. L'hydrogène servira à alimenter une usine de biocarburants fabriqués à partir de matière résiduelle non recyclable et de biomasse forestière située sur le site.

Toujours en décembre 2020, Air Liquide Canada la production d'hydrogène vert à Bécancour³⁹. L'hydrogène produit sur place est destiné au marché nord-américain via les camions. Il pourrait éventuellement être exporté par bateau en Europe.

Une étude⁴⁰ de professeurs de Polytechnique Montréal portant sur le développement d'une filière d'hydrogène au Québec déposée 2020 faisait du développement d'une main-d'œuvre qualifiée dans le domaine la priorité absolue d'un éventuel plan d'actions. On invoquait la quasi-absence de professionnels en génie comme facteur limitant pour pouvoir développer le secteur, un point de vue partagé par les représentants de l'industrie. On suggérait au gouvernement de lancer de nouvelles formations universitaires à tous les cycles, de mettre en place des chaires d'enseignement en hydrogène vert et de coordonner les efforts entre les acteurs pour maximiser les synergies. On misait également sur le financement d'une nouvelle grappe industrielle.

Les professionnels en génie chimique, mécanique et électrique seront au cœur du développement d'une filière de l'hydrogène et des biocarburants.

38 Hydro-Québec « Développer la filière de l'hydrogène vert au Québec : un pas important dans la décarbonation de l'économie », Communiqué de presse, 8 décembre 2020.

39 Le Devoir, « Air Liquide a commencé la production industrielle d'hydrogène vert à Bécancour », 8 décembre 2020.

40 TANGUY, P, et autres. « Potentiel technico-économique du développement de la filière de l'hydrogène au Québec et son potentiel pour la transition énergétique - Volet C » Polytechnique Montréal, Août 2020.

Conception de logiciel et cybersécurité

Nous avons évoqué la numérisation qui s'accélère dans maintes industries. Dans le secteur industriel, la numérisation s'opère à la fois dans les procédés de fabrication et dans les produits finis destinés à la consommation. Dans le secteur des services, le contact entre l'entreprise et le consommateur se fait de plus en plus via les plateformes numériques.

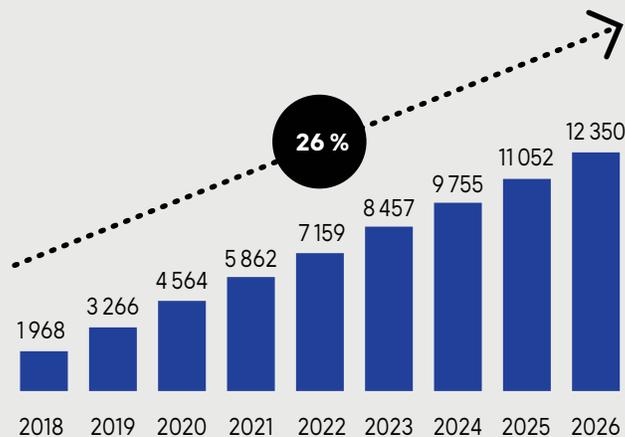
Ce phénomène sera bénéfique pour les entreprises technologiques qui offriront des solutions numériques performantes. Par exemple, le marché mondial de l'analyse prédictive, qui comprend principalement les logiciels capables de traiter les données massives, effectuer des prévisions en décelant automatiquement les tendances et de présenter les résultats des calculs de manière intelligible pour l'utilisateur, devrait croître en moyenne de 26% par année sur la période 2018-2026, pour atteindre 12,35 G\$ en 2026.



SCHÉMA 44

Taille projetée du marché mondial de l'analyse prédictive

2018-2026 ; en millions \$USD



Source: Research and markets, Aviseo Conseil 2020.

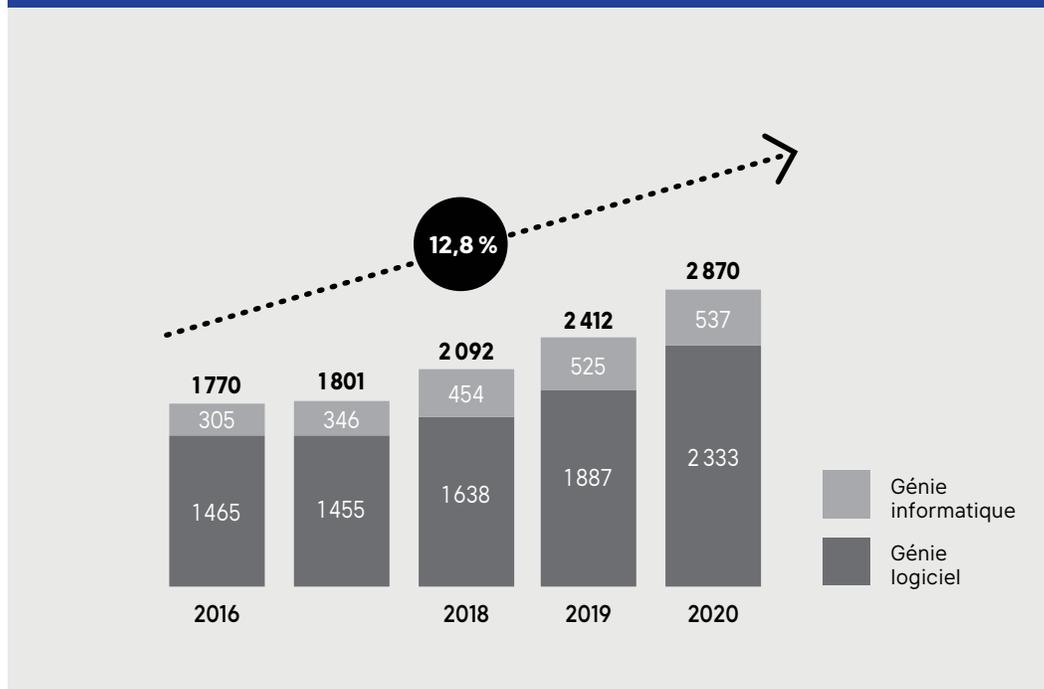
Au Québec, ce marché est déjà très actif avec la constitution d'un réseau d'expertise en matière d'industrialisation 4.0, avec des antennes dans l'arrondissement Saint-Laurent à Montréal, à Longueuil, Drummondville et à Québec. Une zone d'innovation en matière de transformation numérique, qui s'articulerait autour du centre d'expertise et de la masse d'intégrateurs numériques manufacturiers, est en développement à Longueuil⁴¹. Les **ingénieurs logiciels et informatiques** seront particulièrement sollicités par la croissance de cette filière. Le nombre annuel de diplômés dans ces disciplines des facultés de génie des universités québécoises est d'ailleurs en constante augmentation depuis 2016. Il a augmenté de +1 100 au cours de l'année 2019-2020 par rapport à 2015-2016.

La cybersécurité est une préoccupation grandissante des organisations et, dans la foulée de l'accélération du virage numérique, son importance au sein des organisations sera croissante. Les investissements seront au rendez-vous, alors que le marché mondial devrait augmenter de 56% en à peine six ans pour atteindre 270 G\$US en 2026.

SCHÉMA 45

Évolution du nombre d'étudiants diplômés des programmes de génie logiciel et génie informatique des facultés de génie des universités québécoises

2016 à 2020; en nombre et taux de croissance annuel composé en %



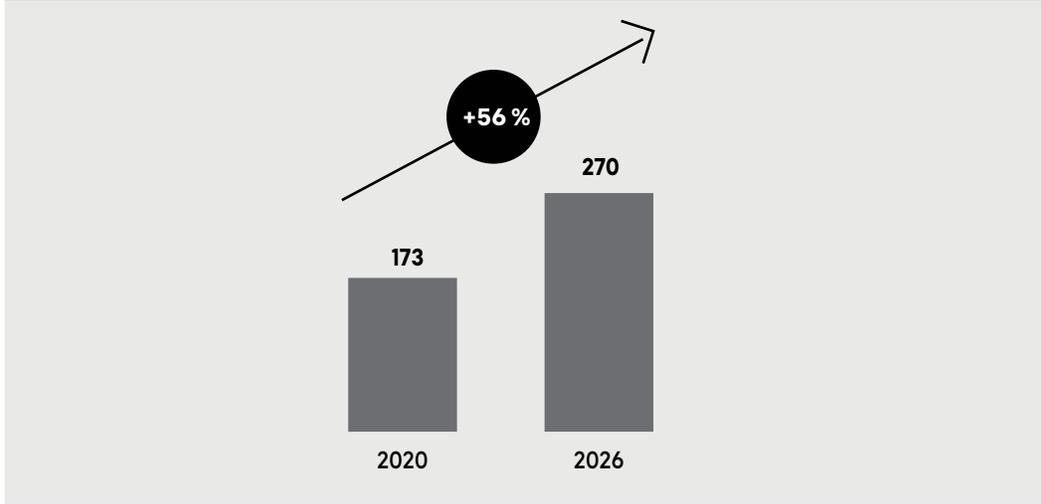
Source: Ministère de l'Éducation Ministère de l'Enseignement supérieur, Aviseo Conseil 2020.

41 COMMUNAUTÉ MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL. « Zones d'innovation: Plusieurs projets proposés sur le territoire de la CMM. », 2020.

SCHÉMA 46

Évolution du marché mondial de la cybersécurité

2020-2026; en millions \$USD

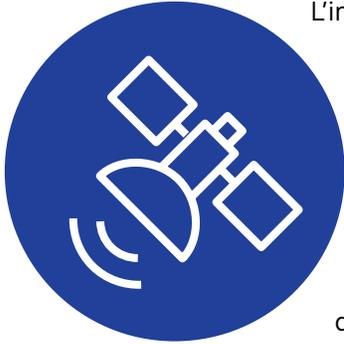


Source: Forbes, Analyses Aviseo

Au Québec, Gatineau tente de tirer son épingle du jeu dans cette industrie en croissance. En 2018, on y a établi un Centre d'excellence en cybersécurité, financé par le gouvernement du Québec. Une grappe pancanadienne de l'industrie de la cybersécurité, IN-SEC-M, qui regroupe notamment des entreprises, des centres de recherche et des institutions d'enseignement établis aux quatre coins du pays, y est également établie. Gatineau constitue un endroit stratégique pour le développement de cette filière, en raison de sa proximité avec le gouvernement fédéral qui est le plus gros client en cette matière.

Néanmoins, les organisations réparties sur l'ensemble du territoire auront recours à l'expertise en matière de cybersécurité. Cette tendance profitera aux professionnels en génie informatique et de logiciel.

Aérospatial



L'industrie aérospatiale amorce également son virage vers des types d'énergie moins nocives pour l'environnement. Cette opération pourrait toutefois être plus lente que pour les autres modes de transport et secteurs économiques. La propulsion électrique et hybride sont en cours de développement. L'hydrogène semble toutefois s'imposer comme énergie du futur pour l'industrie. En septembre 2020, Airbus a d'ailleurs révélé trois concepts d'avion propulsée par l'hydrogène, sans émission. Malgré le potentiel exceptionnel que présente l'hydrogène pour l'atteinte d'une industrie aérospatiale viable d'un point de vue environnemental, ce n'est qu'en 2035 que les premiers avions commerciaux devraient entrer en service.

Le marché de la mobilité aérienne urbaine devrait quant à lui prendre de l'expansion de manière plus hâtive. Les systèmes d'aéronef à décollage et atterrissage verticaux sont utilisés depuis quelques années pour le transport des marchandises, notamment sur le dernier kilomètre. Toutefois, on devrait assister au cours des prochaines années au déploiement de la technologie pour le transport de personnes. Uber s'est engagé à lancer un service de taxi volant électrique d'ici 2023, et a formé des partenariats avec d'importants joueurs de l'industrie aérospatiale comme Bell Helicopter, Boeing et Hyundai. Des capitaux sont massivement injectés pour le développement de la technologie, mais des défis de taille demeureront comme pour le déploiement à grande échelle des services de taxi et d'automobile volants tel le cadre réglementaire urbain, les enjeux de sécurité, les compétences de pilotage et la compétitivité économique. Une fois ces barrières tombées, les automobiles volantes pourraient gagner des parts de marché au détriment des véhicules terrestres, du transport aérien traditionnel et du transport collectif.

Morgan Research a publié un estimé et une prévision du marché mondial de la mobilité aérienne urbaine. En 2020, on l'évalue à 7 G\$US et le projette à 322 G\$US en 2030, dont 56 milliards \$US aux États-Unis. Le marché poursuivrait sa croissance pour atteindre 328 G\$US en 2040 aux États-Unis et à 1 474 G\$US dans le monde.

4.5.

Les compétences d'avenir



À la lumière des tendances qui affecteront la profession de génie, des résultats des sondages auprès des membres de l'OIQ et des étudiants en génie, de même que des discussions que nous avons eues avec des ingénieurs dans le cadre du mandat, nous avons dégagé certains constats quant à l'évolution des compétences des professionnels en génie sur l'horizon 2030. D'emblée, les ingénieurs nous ont rappelé l'importance de maîtriser la base de compétences techniques inhérente à chaque discipline de génie. S'il y a une certitude, c'est que cette situation demeurera. Néanmoins, certaines compétences et habiletés pourraient gagner en importance pour diverses raisons.

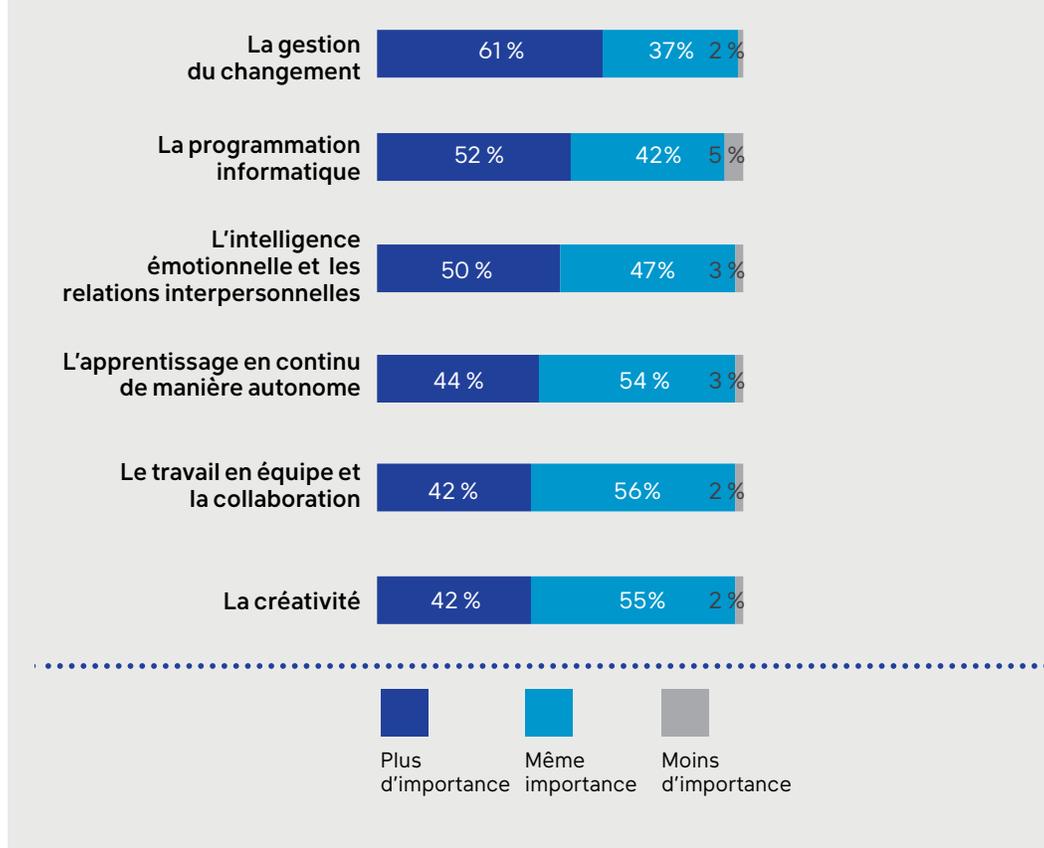
Au regard de nos travaux, il appert que les compétences essentielles non techniques ou « soft skills » se retrouveront au cœur du travail de l'ingénieur. Plusieurs ont évoqué la complexité croissante des projets d'ingénierie au fil des années, lesquels font maintenant appel à des technologies de plus en plus sophistiquées et entrant en jeu une pluralité de parties prenantes de diverses disciplines, souvent dispersées un peu partout dans le monde et répondant à des codes culturels différents. Malgré une solide formation universitaire sur le plan des compétences dites dures, plusieurs ont mentionné ne pas être suffisamment outillés à la sortie de l'université pour gérer cette complexité d'un point de vue humain.

Nous faisons ici un survol des compétences qui pourraient gagner en importance dans le domaine du génie sur l'horizon 2030.

SCHÉMA 47

Perception des membres de l'OIQ quant à l'évolution de certaines compétences d'ici 2030

en % du nombre total de répondants, n = 2 828 à 2 839



Sources : Enquête auprès des membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec (4 au 20 novembre 2020), Analyses Aviseo Conseil 202

La gestion du changement

La gestion du changement constitue la compétence qui devrait gagner le plus en importance sur l'horizon 2030 selon les ingénieurs sondés. 61% des répondants sont de cet avis. Pour les étudiants en génie, elle s'est classée au deuxième rang derrière la programmation informatique. Près d'un répondant sur deux (47%) croit qu'elle deviendra beaucoup plus importante.

Les tendances technologiques, principalement la robotisation, la numérisation et l'intelligence artificielle opéreront un changement de paradigme dans plusieurs secteurs. Dans bien des cas, les professionnels en génie devront complètement changer leur façon de raisonner et de solutionner les problèmes, en plus de s'adapter à une collaboration étroite avec les machines. L'évolution technologique devrait s'accélérer et l'ingénieur devra demeurer constamment à l'affût des meilleures technologies sur le marché afin de demeurer compétitif, et flexible pour leur intégration dans son travail quotidien. À cet égard, 44% des ingénieurs sondés ont affirmé que l'apprentissage en mode continu est une compétence qui gagnera en importance d'ici 2030.

La numérisation informatique

La numérisation des actifs physiques et des activités industrielles générera une nouvelle masse de données et une richesse à exploiter pour les entreprises. La programmation informatique permet entre autres de traiter ces données massives, et elle constitue la deuxième compétence qui gagnera en importance sur l'horizon 2030 selon les ingénieurs sondés dans le cadre du mandat. Pour les étudiants en génie, il s'agit de la première compétence avec 60% des répondants qui sont d'avis qu'elle sera beaucoup plus importante dans l'avenir.

Sans surprise, ce sont les **ingénieurs informatiques et de logiciel** qui sont les plus optimistes face à l'ascension de la programmation informatique au sein des compétences névralgiques en génie. Ces derniers sont au cœur du virage numérique et la programmation informatique leur permet de créer des logiciels, des applications et d'autres solutions numériques, de même que les commandes qui sous-tendent l'automatisation et la robotisation des activités industrielles.

Néanmoins, les **ingénieurs électriques, électroniques et aérospatiaux** entrevoient une place accrue pour la programmation informatique dans leur domaine. Pour ces disciplines, la programmation permet d'ajouter des fonctionnalités aux logiciels et solutions numériques afin de les personnaliser à leur propre réalité. Un ingénieur junior, titulaire d'une maîtrise en aérospatial interviewé dans le cadre du présent mandat, s'est exprimé ainsi quant à la maîtrise de la programmation informatique :

« Les compétences en programmation sont très importantes et mon niveau n'est pas adéquat car ma formation universitaire n'intégrait pas suffisamment de cours. »⁴²

42 Citation tirée d'une entrevue menée dans le cadre de la collecte de données.

L'intelligence émotionnelle

L'intelligence émotionnelle et les relations interpersonnelles figurent au troisième rang des compétences vouées à gagner de l'importance au cours de la prochaine décennie selon le sondage mené auprès des membres de l'OIQ.

Cette tendance va de pair avec la montée de la complexité des projets, du nombre de parties prenantes et de la multidisciplinarité dans les projets. Une représentante des ressources humaines d'un grand donneur d'ordres dans le secteur de la fabrication a exprimé ses observations relativement à l'intelligence émotionnelle dans le monde du génie :

« Les compétences essentielles non techniques comme la résolution de problèmes en équipe et l'intelligence émotionnelle font souvent la différence pour les ingénieurs qui ont beaucoup de succès. »⁴³

Le responsable de la formation continue d'une faculté de génie québécoise nous confiait qu'une étude effectuée par son organisation avait permis de constater que les besoins de formation continue des ingénieurs à la suite de leur entrée sur le marché du travail avaient entièrement trait aux compétences essentielles non techniques.

L'optimisation

L'optimisation s'est avérée un thème récurrent au cours des entrevues menées avec les ingénieurs et donneurs d'ordres. Le consensus était à l'effet que l'ingénieur du futur devra l'intégrer plus intensément dans ses réflexions et son travail quotidien.

Deux principaux facteurs semblent expliquer cette position. Premièrement, la rareté grandissante des ressources fera en sorte que le prix de la matière connaîtra une croissance soutenue et forcera l'ingénieur à optimiser son utilisation pour limiter les coûts. Un ingénieur donnait l'exemple des ressources en nickel qui seront épuisées d'ici 40 années. Cette situation obligera l'ingénieur à réfléchir à la récupération des matériaux en amont.

À cet égard, les enjeux environnementaux constituent un autre facteur pour expliquer l'importance de l'optimisation pour l'ingénieur du futur. L'économie circulaire sera au cœur de la conception et de la réalisation des projets d'ingénierie. L'énergie est également une ressource dont l'utilisation devra être optimisée pour minimiser l'empreinte environnementale. À ce sujet, un ingénieur s'exprimait ainsi :

« Les considérations environnementales obligeront les ingénieurs à tenir compte de l'énergie nécessaire à la fabrication des pièces (concept de « embodied energy »). Plus de formations seront nécessaires en économie de l'ingénieur et en développement durable en général. »⁴⁴

La quantité de déchets sur les chantiers de construction et dans les procédés de fabrication seront au cœur des préoccupations. Les techniques de construction modulaire seront par exemple de plus en plus mises à contribution pour réduire le

43 Ibid.
44 Ibid.

gaspillage sur les chantiers et accélérer la cadence de réalisation. Les objectifs zéro déchet gagnent également en popularité dans les industries manufacturières. Pour les infrastructures publiques, la tendance sera à la réfection des actifs existants et moins à la construction ou l'agrandissement. Il s'agira également d'un changement pour l'ingénieur auquel il aura à s'adapter.

La gestion de projet

La complexité croissante des projets d'ingénierie milite pour la valorisation par les employeurs des compétences des ingénieurs en matière de gestion de projets. Certains donneurs d'ordres nous ont révélé avoir des objectifs corporatifs relativement à la part des effectifs qui détiennent la certification Project Management Professional (PMP).

Les grandes mutations et projets à l'horizon feront également appel aux compétences en matière de gestion de projet des ingénieurs. Les grandes transformations numériques dans les organisations constitueront des projets complexes qui impliqueront plusieurs parties prenantes de diverses disciplines. De même, les grands projets d'infrastructure augmenteront également les besoins.

Outre la certification PMP, l'offre de formation continue sur le marché en matière de gestion de projet comprend des microprogrammes de 2^e cycle. Un gestionnaire d'un tel programme s'est exprimé ainsi par rapport à son programme :

« Notre programme a un rôle à jouer dans la croissance de l'importance de la multidisciplinarité dans le monde de l'ingénierie. On doit se faire connaître. »⁴⁵

Par opposition aux programmes de MBA, ces les programmes de formation continue en gestion de l'ingénierie sont destinés aux ingénieurs qui travaillent étroitement avec les composantes techniques des projets, et non seulement au niveau stratégique.

Les compétences d'affaires

La grande majorité des postes d'ingénieur comportent un volet administratif. L'analyse économique et financière, la comptabilité, le développement des affaires et la gestion des ressources humaines constituent des fonctions couramment exercées par l'ingénieur, et sa formation universitaire le prépare à assumer certaines de ces responsabilités.

Nos entrevues avec les donneurs d'ordres nous ont révélés que le diplôme de MBA était principalement valorisé pour les ingénieurs qui occupaient des postes stratégiques au sein de l'organisation, ou qui entretenaient les relations avec les clients. À candidats égaux, celui qui possède un MBA sera préféré. Néanmoins, relativement aux promotions des ingénieurs à des postes de cadre, les organisations d'envergure recherchent de plus en plus la transversalité et la maîtrise de plusieurs fonctions au sein d'une organisation. On valorise les parcours non linéaires, les ingénieurs qui ont connu différentes dimensions d'une entreprise. Par exemple, Hydro-Québec a mis en place un programme de parcours qui permet à un ingénieur à fort potentiel pour un poste de cadre de travailler successivement dans plusieurs unités d'affaires de l'entreprise et d'en connaître profondément les rouages.

45 Ibid.

4.6.

Regard sur l'évolution de la profession par discipline

Les diverses tendances technologiques, environnementales, économiques, démographiques et sociales répertoriées affecteront la profession d'ingénieur dans son ensemble. Certaines tendances nécessiteront un nombre accru d'ingénieurs pour répondre à une nouvelle demande, alors que d'autres modifieront son travail quotidien et les compétences qu'il devra maîtriser.

Ainsi, certaines tendances comme la montée de la numérisation, agiront de manière transversale en s'immiscant dans l'ensemble des secteurs de l'économie, mais feront tout de même évoluer de manière différente les diverses disciplines du génie. D'autres tendances auront des impacts plus ciblés pour certaines disciplines. Le tableau 7 dresse un survol de l'impact des tendances par discipline.

TABLEAU 5

Taux mensuel de mises à pied pendant les récessions au Canada

Professions par discipline	Évolution au regard des tendances identifiées	Pression sur la demande
0211 Directeurs des services de génie	<ul style="list-style-type: none"> L'automatisation des procédés industriels et la robotisation devrait mener à une diminution de la charge des cadres, notamment en matière de contrôle de la qualité. À terme, le nombre de cadres par employé devrait diminuer dans certaines industries sujettes à ces tendances technologiques. Néanmoins, l'ingénierie sera au cœur de plusieurs tendances identifiées, par exemple les investissements en infrastructure, la transition énergétique et l'électrification des transports, et les directeurs des services de génie seront sollicités pour superviser le travail de leurs comparses devenus plus nombreux à œuvrer dans ces domaines. 	
2131 Ingénieurs civils	<ul style="list-style-type: none"> L'ingénieur civil sera au cœur du déploiement des nombreux investissements en infrastructure prévus au cours de la prochaine décennie par les divers paliers de gouvernements. Que ce soit pour les nombreux grands projets de transport collectif prévus dans la région de Montréal ou le tramway de Québec, la rénovation et la construction des écoles et des hôpitaux, la déconstruction du Pont Champlain, la construction du terminal portuaire de Contrecoeur, la construction du train à grande fréquence Québec-Toronto, et les lignes de haute tension d'Hydro-Québec vers les États-Unis, ses services seront fortement sollicités. Le niveau d'investissement par les municipalités se répercutera également sur la demande d'ingénieurs civils. La numérisation des infrastructures génèrera un changement de paradigme pour l'ingénieur civil. La collecte de données en temps réel lui permettra de compter sur l'intelligence artificielle et les modèles d'analyse prédictive pour la planification des travaux d'entretien des structures et construction en temps plus opportun. Il devra œuvrer en mode gestion du changement et se montrer ouvert à acquérir les connaissances et compétences nécessaires à l'utilisation de ses outils qui rendront son travail plus efficient et efficace. Les tendances environnementales l'obligeront à maîtriser les méthodes de travail et les matériaux en adéquation avec les objectifs de diminution de l'empreinte environnementale des projets. Le recours au bois en tant que matériaux dans les divers projets de construction, la préfabrication comme méthode de travail et l'intégration de produits recyclés dans la composition des matières premières en sont des exemples. 	

<p>2132 Ingénieurs mécaniques</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La robotisation et l'automatisation des chaînes de production s'opère en grande partie grâce aux compétences variées de l'ingénieur mécanique, que ce soit en physique mécanique, en électricité et de production industrielle. Il agit à titre de pierre angulaire dans la conception et à la fabrication des robots industriels. Toutefois, au Québec, le rôle prépondérant de l'ingénieur dans l'industrie 4.0 sera l'intégration harmonieuses des technologies existantes au sein des chaînes de production. • L'ingénieur mécanique est impliqué dans la conception et la fabrication de pratiquement toutes les machines, bâtiments et autres infrastructures. En ce sens, il sera fortement sollicité par certaines industries naissantes ou en mutation, ainsi que par les divers projets d'infrastructure à l'horizon. • L'expertise en matière de mécanique du bâtiment sera requise pour les nombreux projets en planification du côté du Gouvernement du Québec (écoles, hôpitaux, maisons pour aînés, etc.). • Il pourra également contribuer à la croissance du secteur de l'énergie verte grâce à ces connaissances en matière de conception et de fabrication de turbines, moteurs et de conversion d'énergie. • Le vieillissement de la population aura un impact sur la demande d'ingénieurs mécaniques, particulièrement ceux spécialisés en bio-ingénierie. Il pourra travailler au développement et à la fabrication d'équipement visant l'assistance aux personnes en perte d'autonomie. Le domaine biomédical pourrait aussi l'interpeller, par exemple pour le développement de pompes visant à aider les personnes aux prises avec des insuffisances cardiaques. 	
<p>2133 Ingénieurs électriques, électriciens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • L'ingénieur électrique et électricien sera entre autres le moteur du déploiement de la transition énergétique et de l'électrification des transports. Cette discipline pourrait être celle qui bénéficiera le plus des diverses tendances identifiées lesquelles influenceront la demande pour les services de professionnels en génie sur l'horizon 2030. • Grâce à ses compétences en matière de programmation informatique, les tendances technologiques seront notamment favorables à l'ingénieur électrique. Il sera sollicité pour participer à l'automatisation des chaînes de montages, et pourra également agir en matière de conception de logiciel. • Ainsi, de pair avec l'ingénieur mécanique, il propulsera la montée de l'industrie du véhicule électrique et intelligent. Non seulement en raison de ses connaissances en circuits électriques, mais également celles ayant trait à l'informatique, ces nouveaux véhicules étant de véritables logiciels sur roues. • Les grands projets de transport collectif structurant électrique nécessiteront également ses compétences. En matière de transition énergétique, il sera sollicité pour les grands projets d'exportations d'électricité d'Hydro-Québec, les projets d'énergie solaire et éolienne, ainsi que pour le stockage d'énergie à grande échelle dans les batteries de grande capacité. 	

<p>2134 Ingénieurs chimiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Les perspectives d'emplois de l'ingénieur chimique seront influencées par le développement de nouvelles filières au Québec, à savoir les batteries, l'hydrogène et les biocarburants. • L'ingénieur chimique maîtrise le procédé de fabrication de batteries, que ce soit celles en lithium-ion pour véhicules électriques pour les batteries de grande capacité en fer lithié pour le stockage de l'énergie. Il sera également au cœur du développement d'une filière de recyclage des batteries en fin de vie. • L'ingénieur chimique participera également activement au développement de la filière de l'hydrogène et des biocarburants. • La lutte à la pollution pourrait également obliger l'ingénieur chimique à s'adapter à des changements majeurs dans certaines industries. Certaines matières premières nocives pour l'environnement pourraient être rapidement remplacées par d'autres plus en phase avec le développement durable. Par exemple, dans le domaine du plastique, les polymères à base de pétrole pourraient perdre leur place au profit des plastiques biosourcés. Le développement de ces nouvelles matières pourrait être favorable à la demande d'ingénieurs chimiques. 	
<p>2141 Ingénieurs d'industrie et de fabrication</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de la supervision des chaînes de production, l'ingénieur industriel sera principalement affecté par l'adoption des technologies en lien avec l'industrialisation 4.0. Il devra faire preuve d'audace, ne pas avoir peur d'embrasser le changement et être au fait des plus récentes percées technologiques dans son secteur d'activité. • L'impact principal des tendances environnementales quant au travail de l'ingénieur industriel aura trait aux efforts en matière de diminution de l'empreinte environnementale de sa chaîne de production. Il devra optimiser les procédés, choisir des matériaux à plus faible empreinte carbone, réduire la quantité de déchets émise par la production, intégrer les activités qu'il supervise aux circuits d'économie circulaire. 	

<p>2142 Ingénieurs métallurgistes et des matériaux</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Le plan de valorisation des minéraux critiques et stratégiques du Gouvernement du Québec, principalement fondé sur les politiques en matière environnementale comme l'électrification des transports, sera favorable à la demande d'ingénieurs métallurgistes et des matériaux. Ils seront appelés à participer aux projets de transformation des minéraux extraits des mines québécoises. La mise en place d'une usine de première transformation à la mine de graphite de Saint-Michel-des-Saints et de deuxième transformation à Bécancour, en est un exemple. • Les investissements en infrastructure seront également favorables à cette catégorie d'ingénieurs. • L'ingénieur métallurgiste et des matériaux devra également se tenir au fait des dernières avancées visant à diminuer l'empreinte environnementale des produits finis fabriqués à partir des matières qu'il traite. L'incorporation de matières recyclés devrait s'imposer comme nouvelle dimension de la profession. La recherche et le développement dans ce domaine pourrait accroître la demande pour ce type d'ingénieurs dans l'économie. 	
<p>2143 Ingénieurs miniers</p>	<ul style="list-style-type: none"> • L'électrification des transports et les investissements en matière d'infrastructure constituent les deux tendances façonneront particulièrement la demande d'ingénieurs miniers sur l'horizon 2030. • Le gouvernement du Québec a lancé un plan pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques d'ici 2025. Ce plan vise le développement des minéraux cruciaux pour l'approvisionnement des chaînes de valeur québécoise et ceux liés au développement du véhicule électrique et du stockage d'énergie, notamment le et les politiques en matière environnementales comme le graphite, le cobalt, le lithium et le nickel présents dans le sol québécois. • Les investissements massifs en infrastructure accroîtront la demande pour les matières premières comme le fer, le cuivre et le zinc. • Les tendances en matière environnementale continueront de se faire ressentir dans le secteur minier : la gestion des résidus miniers deviendra un sujet de taille. L'adoption des véhicules électrique pour l'exploitation des mines pourrait forcer l'ingénieur minier à modifier ses méthodes de travail. 	

<p>2144 Ingénieurs géologiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Les projets miniers et la stratégie de valorisation des minéraux stratégiques du gouvernement solliciteront également les compétences de l'ingénieur géologique. Le gouvernement décide accroître le niveau de connaissance géoscientifiques du sous-sol québécois, particulièrement dans le nord. • Au surplus, il sera au cœur des efforts de décontamination des sols, prenant en charge la caractérisation des sols, la proposition de solutions de décontamination et conception des méthodes des méthodes pour restaurer les sites. • L'ingénieur géologiques devra embrasser les nouvelles technologies et les avancées en matière d'intelligence artificielle. Parmi elles, on note l'analyse des informations géologiques pour cibler les endroits à forer, la cartographie automatique d'un secteur en se basant sur les données recueillies, et la description automatique des carottes de forage ou des échantillons de roches par un processus de classification. On ne prévoit pas la nécessité d'acquérir des compétences en programmation informatique, mais celle de maîtriser les logiciels sur le marché. 	
<p>2145 Ingénieurs de l'extraction et du raffinage du pétrole</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Le déclin de l'industrie pétrolière à la faveur des énergies renouvelables assombrit les perspectives pour les ingénieurs de l'extraction et du raffinage du pétrole. • Advenant la réduction des besoins dans l'industrie, certains pourront se recycler dans la filière émergente de l'hydrogène et des biocarburants. 	
<p>2146 Ingénieurs en aérospatiale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • L'ingénieur en aérospatiale constitue une des rares disciplines dont les perspectives sont affectées négativement par la pandémie sur un horizon de moyen terme. • Néanmoins, la tendance des ménages à dépenser leur budget de loisir pour des voyages était marquée avant le début de la pandémie, particulièrement pour les plus jeunes générations. Après plus d'une année sans pouvoir le faire, on s'attend à une reprise une fois la pandémie maîtrisée. • À l'instar de l'industrie automobile, l'industrie aérospatiale sera à pied d'œuvre pour diminuer son empreinte environnementale au cours de la prochaine décennie. Bien que cette transition sera plus lente que celle de l'automobile, les efforts de recherche et de développement iront bon train d'ici 2030. Boeing a déjà déclaré que ces nouveaux appareils seront propulsés par des biocarburants d'ici 2030, et Airbus compte lancer un appareil propulsé à l'hydrogène d'ici 2035. • Si les filières de l'électrification des transports, de la production d'hydrogène et de biocarburant se développent au Québec tels que prévu par le Gouvernement du Québec, l'industrie aérospatiale québécoise pourrait bénéficier de cette proximité pour débiter une collaboration étroite. En tous les cas, l'ingénieur en aérospatiale devra s'assurer que ses connaissances évoluent au même rythme que son industrie. 	

<p>217 Professionnels informatique (diplômés en génie)</p> <p>et</p> <p>2147 Ingénieurs informaticiens</p>	<ul style="list-style-type: none">• La numérisation de tous les pans de l'économie et les enjeux grandissants liés à la cybersécurité offrent de très bonnes perspectives de croissance aux professionnels de l'informatique diplômés en génie.• La numérisation des produits finis aura un grand impact sur la demande de professionnels en génie maîtrisant la conception de logiciel et la programmation.• Le nombre de diplômés en génie informatique et génie logiciel a explosé au Québec cours des dernières années, passant de 1 770 en 2016 à 2 870 en 2020. Cette nouvelle offre de main-d'œuvre trouvera sa demande dans les entreprises technologiques, celles œuvrant dans le domaine de l'intelligence artificielle et dans l'industrie du véhicule électrique.	
---	---	---

5

BESOINS ET OFFRE DE PROFESSIONNELS EN GÉNIE

Cette section présente les prévisions de la demande et de l'offre de professionnels en génie sur l'horizon 2030. Une analyse de l'adéquation entre la demande et l'offre sur le marché du travail est aussi fournie. La section débute par l'explication des différentes composantes des modèles de prévisions, et décline subséquentement les résultats obtenus suite à leur application.

5.1.

Présentation du modèle



Le modèle d'adéquation de la demande et de l'offre de professionnels en génie s'appuie principalement sur la progression anticipée de l'économie québécoise, les besoins de renouvellement de la main-d'œuvre existante et l'arrivée des nouveaux professionnels en génie sur le marché issus des universités et de l'immigration.

Précisément, l'estimé de la demande soit des besoins du marché du travail est fondé sur trois composantes :

1. la demande d'expansion, soit la création nette d'emplois due à la croissance de l'économie ;
2. la demande de renouvellement, c'est-à-dire le remplacement de la main-d'œuvre existante dû aux départs à la retraite, aux décès, et la mobilité interprofessionnelle ;
3. la demande temporaire, qui dépend de l'évolution du nombre de professionnels en génie en congé parental.

Quant à l'offre de professionnels en génie sur l'horizon 2030, les composantes intégrées à notre modèle sont :

1. l'arrivée sur le marché du travail des jeunes diplômés issus des cohortes universitaires ;
2. l'intégration au marché du travail d'immigrants diplômés en génie nouvellement établis au Québec ;
3. les personnes à la recherche active d'un emploi au début de la période de prévision.

Les analyses sont réalisées à l'échelle du Québec, et ventilées au niveau des spécialisations et des régions administratives.

SCHÉMA 48

Méthodologie de prévision de la demande de main-d'oeuvre en génie



Créations d'emplois
(demande d'expansion)

Scénarios économiques
(optimiste, référence, pessimiste)

- Scénario de référence basé sur les prévisions
- PIB distribué par secteur
- Emplois estimés à partir de la productivité de chaque secteur

Emploi par secteurs en 2030



Départs à la retraite et décès
(demande de renouvellement)

Scénarios de départs à la retraite et de décès des travailleurs recensés

- Estimation du nombre de travailleurs par tranche d'âge et sexe en 2030
- Simulation des travailleurs qui auront quitté à la retraite ou seront décédés en 2030

Départs par profession en 2030



Mobilité interprofession
(demande de renouvellement)

Scénarios de promotions vers la direction en services de génie

- Estimation du nombre de postes de direction en services de génie à combler en 2030
- Répartition à travers les diverses disciplines de génie selon leur poids relatif

Départs par profession en 2030



Congés parentaux
(demande temporaire)

Scénarios des congés parentaux des travailleuses recensées

- Estimation du nombre de travailleuses dans la tranche d'âge 20 à 44 ans
- Application du taux de fécondité et des taux de départs en congés parentaux prolongés

Variation du nombre d'Équivalent Temps Plein en congé par profession

Nouveaux emplois et départs par profession

Hypothèses

- Productivité suit la tendance historique des 10 dernières années
- Pertes de 1300 emplois et aucune croissance pour l'aérospatial pour les deux premières années (2020-21)

Hypothèses

- Apport stable des travailleurs expérimentés dans les secteurs
- Aucun ajout de travailleurs expérimentés entre 2016 et 2030

Hypothèses

- Entièrement des postes de direction en services de génie sont comblés par les professionnels en génie actuels
- La mobilité nette avec les professions hors génie est négligeable

Hypothèses

- Départs pour les congés parentaux des hommes ne génèrent pas de demande additionnelle
- Stabilité du taux de fécondité et de la durée des congés parentaux

Sources : Aviseo Conseil

5.2.

Besoins de main-d'œuvre

Les besoins futurs de main-d'œuvre en génie sont dictés par la croissance économique, la nécessité de renouveler les effectifs actuels, la mobilité interprofessionnelle et la variation du nombre de professionnels en génie en situation de congé parental.

Les besoins en matière de professionnels en génie au Québec sont estimés à plus de 51 000 sur la période de 2019 à 2030, soit une moyenne de 4 664 par année.

La création nette d'emplois réfère aux emplois qui verront le jour sur l'horizon 2030 en raison de la croissance de l'économie. Lorsque l'économie prend de l'expansion, les entreprises privées lancent de nouveaux projets d'investissements et doivent accroître leurs effectifs afin de répondre à une demande accrue de biens et de services.

La croissance économique se répercute également sur les budgets de l'État qui voient ses revenus autonomes croître et ses dépenses de programmes augmenter. Avec le temps, les administrations publiques doivent aussi composer avec la croissance de la population et augmenter leurs effectifs afin de servir adéquatement les contribuables.

Pour estimer la demande de professionnels en génie sur l'horizon 2030 liée à l'expansion de l'économie, nous avons débuté par estimer la création d'emplois nette totale. Pour ce faire, le modèle se fonde sur un estimé de la croissance du Produit Intérieur Brut (PIB) sur la période, ainsi que sur l'évolution de la productivité du travail. Ce dernier concept réfère à la contribution, en dollars, de chaque emploi au PIB. Ainsi, en projetant la progression du PIB et de la productivité du travail sur l'horizon temporel, nous pouvons estimer le nombre d'emplois requis pour générer le niveau de PIB projeté. La différence entre le nombre d'emplois à la fin de la période et le nombre d'emplois au début de la période nous permet de mesurer la création nette d'emplois générée par la croissance économique. Pour favoriser la précision de nos projections, nous avons adopté une approche sectorielle et eu recours aux données de prévisions du PIB du Conference Board of Canada. Le PIB projeté pour chaque secteur économique a été divisé par la productivité du travail historique dans chacun de ces secteurs, ajustée à la hausse ou à la baisse en fonction des tendances récentes. Cette opération nous a permis d'estimer le nombre total de nouveaux emplois issus de la croissance économique.

Par la suite, nous avons projeté la part de chaque discipline de génie dans l'emploi total de chaque secteur en 2030 en fonction des tendances récentes, et appliqué celle-ci aux estimés d'emplois totaux obtenus. Ce procédé nous a permis d'évaluer, pour chaque discipline de génie, le nombre d'emplois créés dans chaque secteur économique. L'addition des résultats par secteur offre un estimé pour l'ensemble de l'économie.

TABLEAU 8

Demande de professionnels en génie sur l'horizon 2019-2030

Profession	Emplois (2019)	Emplois (2030)	Croissance en % 2019-2030	Demande totale, incluant départs 2019-2030	Demande annuelle moyenne
0211 Directeurs des services de génie	3 924	4 503	15%	1 402	127
213 Professionnels en génie civil, mécanique, électrique et chimique	40 308	52 532	30%	20 522	1 866
2131 Ingénieurs civils	14 115	17 967	27%	7 237	658
2132 Ingénieurs mécaniques	13 638	17 416	28%	6 117	556
2133 Ingénieurs électriques et électriciens	10 552	14 072	33%	5 743	522
2134 Ingénieurs chimiques	2 000	3 078	54%	1 653	150
214 Autres professionnels de génie (à l'exception du génie informatique)	10 850	13 401	24%	4 586	417
2141 Ingénieurs d'industrie et de fabrication	4 391	5 642	29%	2 043	186
2142 Ingénieurs métallurgistes et des matériaux	673	885	32%	344	31
2143 Ingénieurs miniers	638	896	40%	373	34
2144 Ingénieurs géologues	623	778	25%	344	31
2145 Ingénieurs de l'extraction et du raffinage du pétrole	60	60	0%	20	2
2146 Ingénieurs en aérospatiale	3 152	3 370	7%	746	68
2148 Autres ingénieurs n.c.a.	1 286	1 770	38%	811	74
Professionnels informatique diplômés en génie	20 786	41 107	98%	25 298	2 300
217 Professionnels en informatique diplômés en génie	13 749	31 567	130%	21 523	1 957
2147 Ingénieurs informaticiens (sauf ingénieurs et concepteurs en logiciel)	7 037	9 540	36%	3 775	343
Ensemble des professions	75 868	111 543	47%	51 304	4 664

Sources : Aviseo Conseil

En ce qui a trait à la demande de renouvellement de la main-d'œuvre qui découle des départs à la retraite et des décès, elle est obtenue en augmentant l'âge des professionnels en génie actuellement sur le marché du travail afin de les projeter en 2030. Par la suite, le nombre de départs à la retraite est obtenu en appliquant le taux historique pour chacune des tranches d'âge. Cette opération est effectuée séparément pour chaque sexe afin de permettre à notre estimé d'intégrer le fait que les femmes quittent en moyenne plus jeune. Ces calculs permettent d'estimer le nombre de départs à la retraite sur l'horizon de projection.

Ce même processus de vieillissement des professionnels en génie est utilisé pour évaluer le nombre de décès sur la période de projection. On applique le taux de décès par tranche d'âge au Québec, calculé à partir des données de l'Institut de la Statistique du Québec (ISQ), au nombre de professionnels en génie actifs qui feront partie de ces mêmes tranches d'âge en 2030.

La mobilité interprofessionnelle est quant à elle calculée en fonction du nombre de postes à pourvoir dans la catégorie CNP 0211- Direction des services de génie sur l'horizon 2030. Ces emplois seront occupés par des professionnels de génie issus des diverses disciplines, ce qui créera une demande additionnelle pour les postes qu'ils laisseront vacants. Dès lors, nous répartissons les emplois de direction créés sur l'horizon temporel à travers les diverses disciplines en fonction de leur poids respectif. Nous pouvons ainsi estimer le nombre de postes qui deviendront vacants dans chaque discipline suite aux promotions.

Finalement, pour estimer la variation de la demande liée aux congés parentaux, le nombre de postes de professionnels de génie occupés temporairement pour le remplacement d'un congé parental en 2019 a été comparé à celui projeté en 2030. La hausse des effectifs totaux jumelée à une croissance de la part des femmes dans la tranche d'âge 25 à 44 ans devrait accroître le nombre de postes dédiés au remplacement des congés parentaux.

5.3.

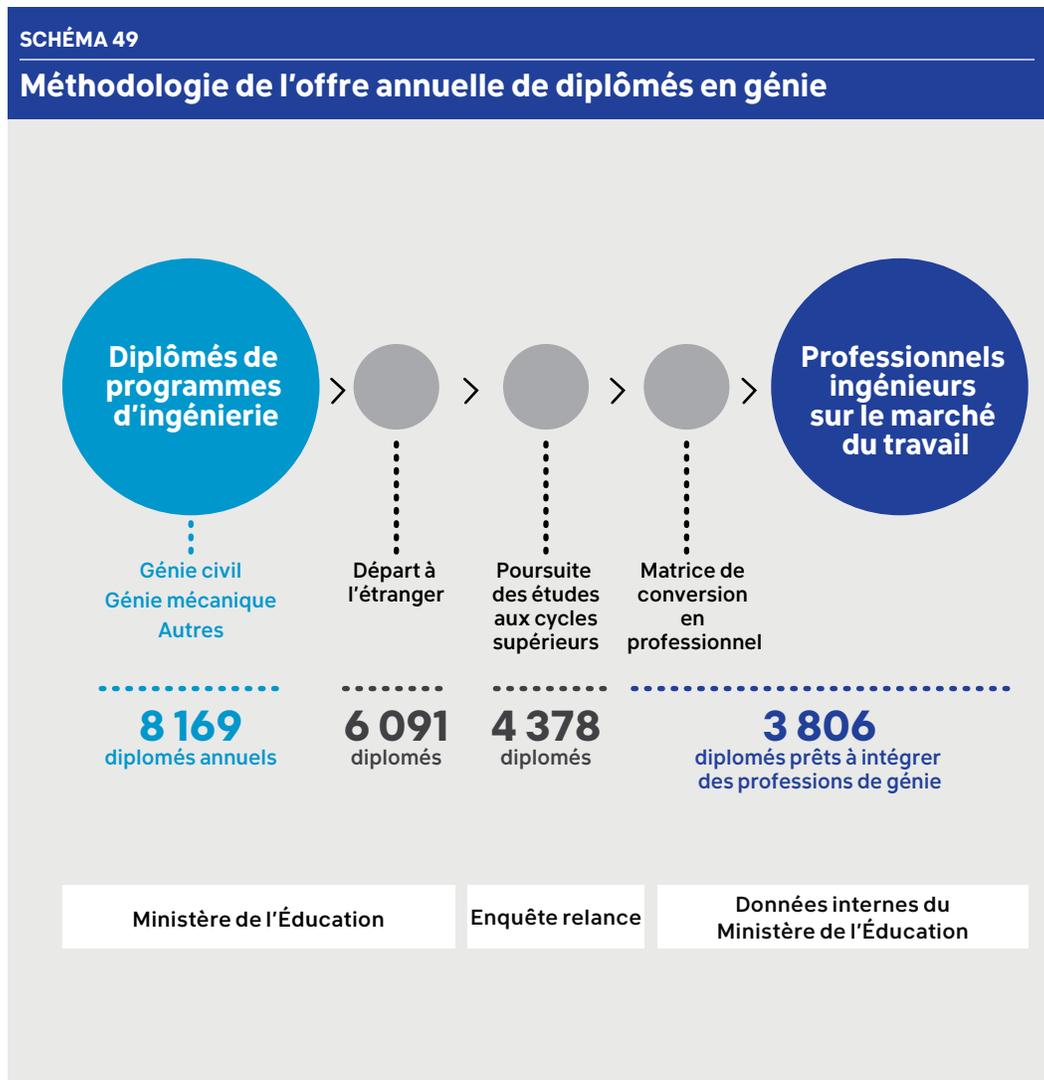
Offre de main-d'œuvre



Le bilan de l'offre globale en arrive à la disponibilité de quelque 50 500 professionnels en génie sur la période de 2019 à 2030. Annuellement, il s'agit d'une moyenne d'offre près des 4 600.

Le schéma 54 présente les grandes étapes de notre processus de calcul de l'offre de professionnels en génie. La croissance de l'offre repose principalement sur l'insertion en emploi des nouveaux diplômés universitaires. En fonction de la tendance des cinq dernières années ajustée pour tenir compte d'une baisse observée des inscriptions pour les programmes de génie aérospatial, on anticipe que les universités québécoises octroieront près de 8 200 diplômes de baccalauréat, maîtrise ou doctorat en génie par année sur l'horizon de projection. Pour déterminer l'offre annuelle de professionnels en génie sur le marché du travail québécois qui découlera de cette diplomation, nous devons dans un premier temps retrancher les diplômés qui quitteront le Québec afin de poursuivre leur carrière ou leurs études à l'étranger.

Nous réduisons par la suite ce reliquat par le nombre de diplômés qui poursuivront leurs études aux cycles supérieurs dans les universités québécoises. Cette opération nous permet de déterminer le nombre de diplômés des programmes de génie qui joindront la force de travail. Nous ne retranchons pas les étudiants qui deviendront inactifs suite à leur diplomation, par exemple ceux qui prendront une année sabbatique pour voyager ou pour faire d'autres activités. Nous posons l'hypothèse que le nombre de diplômés inactifs de l'année courante et celui des cohortes antérieures se compenseront et que l'effet global sur l'horizon de projection sera négligeable.



Sources : Aviseo Conseil

La dernière opération pour estimer la contribution universitaire à l'offre de main-d'œuvre dans les professions de génie est de répartir les diplômés de chaque programme à travers les diverses professions couvertes par notre étude. Cet exercice s'effectue en utilisant une matrice de conversion qui, en fonction de données historiques, transforme le nombre de diplômés de chaque programme universitaire en nombre de professionnels des diverses disciplines de génie selon son code CNP4.

Au surplus, cette matrice permet de retirer les diplômés de génie qui optent pour une autre profession. Dès lors, les résultats obtenus suite à l'application du modèle nous enseignent que des 8 169 diplômés qui gradueront annuellement sur l'horizon 2030, 3 806 accéderont au marché du travail québécois pour occuper des postes dans le domaine du génie.

SCHÉMA 50

Méthodologie de prévision de l'offre de main-d'oeuvre en génie



Diplômés universitaires

Nombre de diplômés en provenance des programmes de génie

- Estimation du nombre annuel de gradués
- Ajustements liés aux départs à l'étranger et à la poursuite des études aux cycles supérieurs
- Conversion des diplômés demeurant au Québec en professionnels des différentes professions de génie



Nouveaux immigrants

Nombre d'immigrants prêts à exercer une profession de génie

- Estimation du nombre annuel d'immigrants dont le diplôme et la formation leur permettront d'accéder à l'OIQ
- Pour les professionnels de l'informatique diplômés en génie, estimation selon les données du recensement.



Chômeurs actuels

Nombre de personnes à la recherche d'un travail par profession

- Estimation du nombre de professionnels en génie à la recherche active d'un emploi en 2019

Nouveaux professionnels sans ou avec peu d'expérience

Hypothèses

- Stabilité dans le niveau de diplômés par tranche d'âge et type de formation
- Ajustement à la baisse de 10% des inscriptions pour l'aérospatial pour les quatre prochaines années pour l'aérospatial

Nouveaux professionnels de divers niveaux d'expérience

Hypothèses

- Stabilité dans le nombre de reconnaissances de diplômes et de formation à l'OIQ
- Stabilité de l'apport de l'immigration pour les professionnels de l'informatique diplômés en génie
- 1,75 an sans apport de l'immigration due à la pandémie de COVID-19

Professionnels actuellement sur le marché du travail mais non occupés

Hypothèses

- Écart entre le taux de chômage des professionnels de génie et celui de l'ensemble du Québec proportionnellement stable entre 2016 et 2019.

Sources : Aviseo Conseil

Après les diplômés universitaires, l'immigration constitue la deuxième composante en importance de l'offre de main-d'œuvre selon nos estimés. Pour l'évaluer, nous avons eu recours aux données les plus récentes de reconnaissance de l'équivalence de diplôme et de formation aux fins de délivrance d'un permis de l'OIQ. Pour les professionnels de l'informatique diplômés en génie dont l'exercice de la profession ne requière pas la délivrance d'un permis, nous avons utilisé les données du Recensement de Statistique Canada pour inférer le nombre moyen d'immigrants qui s'ajouteront. Pour l'ensemble des disciplines, nous estimons une contribution annuelle de 650 immigrants.

Finalement, on dénombrait environ 1 477 professionnels en génie à la recherche d'un emploi en 2019, lesquels s'ajoutent à notre estimé de l'offre totale.

TABLEAU 9

Offre totale de professionnels en génie sur l'horizon 2019-2030

Profession	Diplômés universitaires	Immigrants	Chômeurs	Total	Offre totale annuelle moyenne
213 Professionnels en génie civil, mécanique, électrique et chimique	18 360	4 683	818	23 861	2 169
2131 Ingénieurs civils	8 322	1 431	340	10 093	918
2132 Ingénieurs mécaniques	5 896	1 572	279	7 746	704
2133 Ingénieurs électriques et électriciens	3 008	1 355	158	4 521	411
2134 Ingénieurs chimiques	1 134	325	41	1 501	136
214 Autres professionnels de génie (à l'exception du génie informatique)	5 295	585	224	6 103	555
2141 Ingénieurs d'industrie et de fabrication	2 471	199	80	2 751	250
2142 Ingénieurs métallurgistes et des matériaux	249	85	25	359	33
2143 Ingénieurs miniers	232	38	29	299	27
2144 Ingénieurs géologues	373	50	15	438	40
2145 Ingénieurs de l'extraction et du raffinage du pétrole	53	1	8	61	6
2146 Ingénieurs en aérospatiale	1 055	48	51	1 154	105
2148 Autres ingénieurs n.c.a.	862	163	16	1 040	95
Génie informatique	18 208	1 896	436	20 540	1 867
217 Professionnels en informatique diplômés en génie	15 783	1 767	350	17 900	1 627
2147 Ingénieurs informaticiens (sauf ingénieurs et concepteurs en logiciel)	2 425	129	86	2 640	240
Ensemble des professions	41 863	7 163	1 477	50 503	4 591

Source : Aviseo Conseil

5.4.

Analyse de l'adéquation

Avant de présenter l'analyse de l'adéquation de l'offre et de la demande de professionnels en génie sur l'horizon de projection, il s'avère à propos de clarifier certains éléments qui permettront de mieux interpréter les résultats. Premièrement, l'adéquation de l'offre et de la main-d'œuvre s'évalue en fonction des deux dimensions étudiées. Un marché en léger surplus ne signifie pas nécessairement que la demande de main-d'œuvre sera faible, seulement que l'offre se montrera légèrement plus vigoureuse. De la même manière, un déficit n'équivaut pas à une forte demande si on anticipe que l'offre sera faible ou nulle.

Également, notre analyse se fonde sur des projections de l'offre et de la demande de main-d'œuvre lissées sur l'ensemble de la période 2019-2030. Dès lors, l'analyse ne tient pas compte des potentielles pointes de la demande qui pourraient survenir pour diverses raisons, par exemple une forte croissance économique soudaine, la naissance d'une nouvelle industrie qui requière un nombre important de professionnels en génie, ou des départs à la retraite concentrés sur une courte période de temps. Cette approche se justifie par l'adoption d'une optique de planification à long terme, qui constitue la meilleure pratique. En général, l'occurrence de ces pointes devrait également demeurer limitée.

Néanmoins, deux éléments pourraient favoriser l'apparition d'une pointe de la demande de professionnels en génie au Québec en première moitié de 2020 : le lancement de plusieurs projets d'infrastructure publique de manière simultanée dans la foulée du programme d'accélération des investissements du gouvernement du Québec, ainsi que la forte tendance à la numérisation amplifiée par la pandémie de la COVID-19. Ces pointes pourraient toucher davantage les professionnels en génie civil, mécanique, électrique, informatique et les professionnels en génie logiciel. L'immigration demeure le moyen le plus flexible pour faire face à ces pointes.

Ainsi, en concentrant notre analyse sur l'adéquation à long terme, on note un léger déficit pour l'ensemble de la profession de génie. L'analyse plus raffinée par discipline montre toutefois des déficits plus prononcés dans plusieurs cas.

SCHÉMA 51

Adéquation entre les besoins et l'offre

2019-2030 ; en nombre



Sources : Aviseo Conseil

Les disciplines qui apparaissent les plus sous tension sont les professionnels en génie informatique et logiciel. La tendance à la numérisation dans tous les secteurs économiques créera un immense besoin pour leurs services et malgré une hausse significative du nombre de diplômés au cours des dernières années, l'offre de nouveaux professionnels en génie ne sera pas suffisante. Les employeurs pourraient avoir à se tourner vers des diplômés collégiaux pour combler leurs besoins. Le génie électrique et électronique, qui est également interpellé par le virage numérique, sera également assujéti à de vives tensions. L'électrification des transports et plus largement la transition énergétique, devrait aussi créer d'énormes besoins et amplifier la rareté de main-d'œuvre déjà marquée dans cette discipline.

Une autre discipline qui bénéficiera de tendances lourdes dans le secteur énergétique et des transports est le génie chimique. Le lancement d'une filière de l'hydrogène sollicitera les services de ces professionnels en génie, tout comme l'implantation d'une filière de batteries lithium-ion pour véhicules électriques, y compris leur recyclage en fin de vie.

Quant aux professionnels en génie mécanique, malgré un apport considérable de nouveaux travailleurs issus des cohortes universitaires et de l'immigration, on prévoit un marché en équilibre en raison de la forte demande dans plusieurs secteurs de l'économie. Ils seront entre autres sollicités par les projets d'infrastructure et la naissance de nouvelles industries dans le secteur énergétique.

SCHÉMA 52

Diagnostic d'adéquation selon le domaine de pratique
2019-2030 ; en nombre

Domaine de génie	Ensemble du Québec
 Ensemble des ingénieurs	
 Civil	
 Mécanique	
 Électrique et électronique	
 Chimique	
 Industriel	
 Aérospatial	
 Autres ingénieurs	
 Informatique	

Sources : Analyses Aviseo Conseil



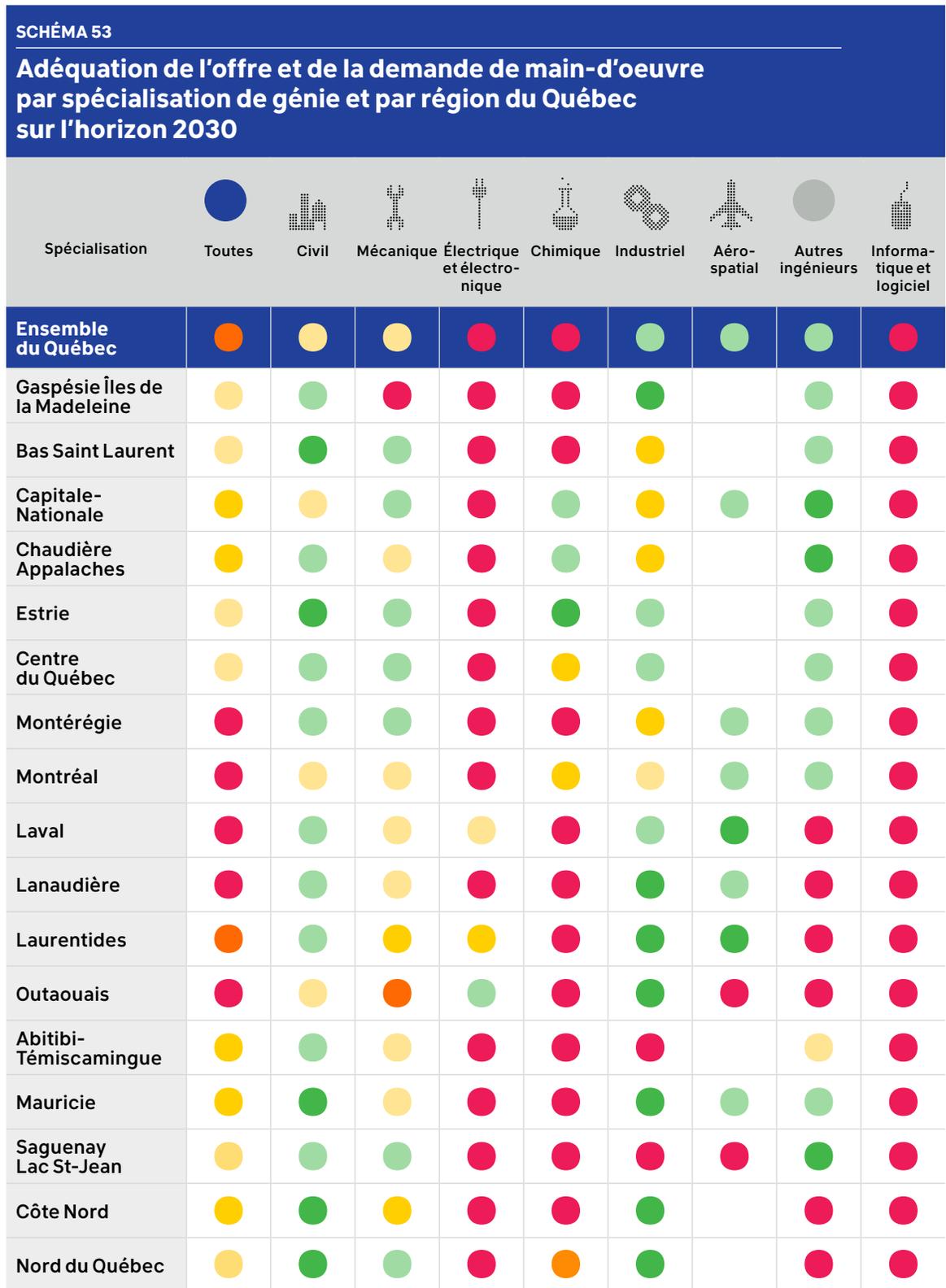
Dans le domaine du génie civil, on prévoit une demande annuelle moyenne s'approchant de 700 professionnels en génie par année sur l'ensemble de la période de projection. Néanmoins, le nombre de professionnels en génie civil formés dans les universités québécoises devrait permettre de combler entièrement cette demande d'ici 2030. De plus, environ un cinquième des nouveaux immigrants professionnels en génie pratiquera dans cette discipline. On pourrait déceler des tensions à certains moments et dans certaines régions, particulièrement lors du lancement concomitant de grands projets d'infrastructure à Montréal, mais dans l'ensemble du Québec, le marché devrait être plus ou moins en équilibre, voire en léger surplus.

Pour le génie industriel, on prévoit un marché en équilibre avec une importante demande dans le domaine de la fabrication. Les compétences en matière d'industrialisation 4.0 seront particulièrement prisées.

Dans le domaine de l'aérospatial, la crise sanitaire a généré de nombreuses mises à pied et la relance pourrait s'avérer lente. Notre hypothèse est à l'effet que la crise amputera de deux années la croissance du nombre de postes de professionnels en génie dans cette industrie. Les postes affectés seront principalement en aérospatial, mais également en génie électrique et électronique, génie mécanique et génie industriel. Le génie aérospatial devrait ainsi demeurer en surplus sur la période et ce malgré la rareté de main-d'œuvre particulièrement aigüe avant la pandémie et une baisse des inscriptions universitaires observée pour l'année scolaire 2020-2021.

Les résultats par région nous montrent que la rareté de main-d'œuvre se fera particulièrement sentir dans les régions administratives de Montréal et ses environs. En plus de la demande pour l'expansion des entreprises existantes et le renouvellement de leurs effectifs, plusieurs initiatives importantes s'y dérouleront : construction de systèmes de transport collectif électriques dans l'Est de Montréal, à Laval et en Montérégie, déconstruction du pont Champlain, croissance de l'industrie des véhicules électriques et intelligents et plus spécifiquement de la filière des batteries lithium-ion, développement du projet de production d'hydrogène et de biocarburants à Varennes, lancement de la commercialisation à grande échelle de la batterie en fer lithié d'une filiale d'Hydro-Québec à Varennes, mise en œuvre potentielle d'une zone d'innovation en transformation numérique à Longueuil, etc. Les entreprises technologiques qui font appel aux professionnels en génie informatique et génie logiciel se concentrent également dans la région.

Les annexes 2 et 3 donnent les détails par discipline et selon les régions quant à l'adéquation de l'offre et de la demande.



Sources : Analyses Aviseo Conseil



Annexes

ANNEXE 1

Effectifs par région et domaine - 2016

Région	Directeur	Civil	Mécanique	Électrique et électronique	Chimique	Industriel	Métallurgie et des matériaux
Gaspésie IDLM	0	60	20	25	0	15	0
Bas-Saint-Laurent	20	165	150	85	0	20	10
Capitale Nationale	230	1470	1035	660	205	255	80
Chaudière Appalaches	95	520	395	170	75	155	10
Estrie	135	365	545	215	145	135	10
Centre du Québec	100	160	395	120	30	110	20
Montérégie	855	2 040	2 885	2 070	325	955	150
Montréal	1125	3 805	3 935	3 460	670	1 300	115
Laval	300	790	760	685	65	250	20
Lanaudière	95	400	435	185	75	185	10
Laurentides	205	710	670	525	75	350	25
Outaouais	90	425	265	285	55	80	20
Abitibi-Témiscamingue	75	135	150	100	20	15	45
Mauricie	60	280	270	170	35	160	25
Saguenay LSJ	120	325	405	240	55	110	80
Côte-Nord	20	155	85	75	20	40	10
Nord du Québec	0	25	10	0	0	10	0
Québec	3 525	11 830	12 410	9 180	1 850	4 145	630

Effectifs par région et domaine - 2016

(suite)

Région	Minier	Géologue	Pétrolier	Aérospatial	Informatique et logiciel	Autres
Gaspésie IDLM	10	0	0	0	12	0
Bas-Saint-Laurent	0	20	10	0	124	15
Capitale Nationale	85	165	15	30	2 215	175
Chaudière Appalaches	10	20	10	10	592	85
Estrie	10	10	0	0	333	15
Centre du Québec	0	0	0	0	151	20
Montréal	65	85	0	540	3 429	280
Montréal	145	105	35	1 795	7 325	330
Laval	10	15	10	210	1 303	80
Lanaudière	0	0	0	55	462	15
Laurentides	25	15	0	335	870	40
Outaouais	10	10	10	60	1 133	65
Abitibi-Témiscamingue	100	30	0	0	37	0
Mauricie	10	0	0	10	195	10
Saguenay LSJ	20	40	0	10	176	25
Côte-Nord	45	0	0	0	22	0
Nord du Québec	10	0	0	0	6	0
Québec	555	515	90	3 055	18 383	1 155

ANNEXE 2

Demande et offre annuelles par profession selon divers scénarios

Demande et offre annuelles par profession selon divers scénarios			
Profession	Scénario pessimiste	Scénario de référence	Scénario optimiste
Ensemble des professions	4 518	4 664	4 830
0211 Directeurs des services de génie	118	127	138
213 Professionnels en génie civil mécanique électrique et chimique	1 785	1 866	1 974
2131 Ingénieurs civils	627	658	691
2132 Ingénieurs mécaniciens	530	556	586
2133 Ingénieurs électriciens et électroniciens	499	522	552
2134 Ingénieurs chimistes	144	150	157
214 Autres professionnels en génie (à l'exception du génie informatique)	379	417	484
2141 Ingénieurs d'industrie et de fabrication	175	186	197
2142 Ingénieurs métallurgistes et des matériaux	28	31	37
2143 Ingénieurs miniers	24	34	75
2144 Ingénieurs géologues	28	31	40
2145 Ingénieurs de l'extraction et du raffinage du pétrole	1	2	3
2146 Ingénieurs en aérospatiale	62	68	73
2148 Autres ingénieurs n.c.a.	70	74	77
Professionnels en informatique diplômés en génie	2 255	2 300	2 345
217 Professionnels en informatique diplômés en génie	1 921	1 957	1 990
2147 Ingénieurs informaticiens (sauf ingénieurs et concepteurs en logiciel)	331	343	358

Sources : Analyses Aviseo Conseil

Offre annuelle moyenne de professionnels en génie par profession sur l'horizon 2019-2030, selon divers scénarios

Profession	Scénario pessimiste	Scénario de référence	Scénario optimiste
Ensemble des professions	4 455	4 591	4 765
213 Professionnels en génie civil mécanique électrique et chimique	2 120	2 169	2 235
2131 Ingénieurs civils	882	918	960
2132 Ingénieurs mécaniciens	680	704	733
2133 Ingénieurs électriciens et électroniciens	398	411	428
2134 Ingénieurs chimistes	132	136	142
214 Autres professionnels en génie (à l'exception du génie informatique)	543	555	573
2141 Ingénieurs d'industrie et de fabrication	241	250	261
2142 Ingénieurs métallurgistes et des matériaux	32	33	34
2143 Ingénieurs miniers	26	27	28
2144 Ingénieurs géologues	38	40	42
2145 Ingénieurs de l'extraction et du raffinage du pétrole	5	6	6
2146 Ingénieurs en aérospatiale	102	105	110
2148 Autres ingénieurs n.c.a.	92	95	98
Professionnels en informatique diplômés en génie	1 827	1 867	1 923
217 Professionnels en informatique diplômés en génie	1 592	1 627	1 676
2147 Ingénieurs informaticiens (sauf ingénieurs et concepteurs en logiciel)	235	240	247

Sources : Analyses Aviseo Conseil

ANNEXE 3

Demande et offre totales par profession

Demande totale de professionnels en génie par profession et région administrative sur l'horizon 2019-2030										
Régions	Total	Directeur							Autres	
Ensemble du Québec	51 304	1 402	7 237	6 117	5 743	1 653	2 043	746	1 067	25 298
Gaspésie Îles de la Madeleine	89	4	30	16	15	3	3		3	14
Bas Saint Laurent	379	10	58	50	63	10	12		16	159
Capitale-Nationale	5 276	86	944	491	433	107	151	26	87	2 951
Chaudière-Appalaches	1 551	28	242	194	131	42	98		25	792
Estrie	1 071	33	130	212	121	49	61		16	448
Centre du Québec	613	16	72	145	91	23	46		13	206
Montérégie	10 361	225	1 400	1 471	1 474	314	571	141	215	4 550
Montréal	18 806	342	2 528	2 035	2 180	519	684	317	269	9 932
Laval	3 725	183	514	379	302	131	105	77	106	1 927
Lanaudière	1 546	86	222	197	174	68	48	23	29	698
Laurentides	2 730	152	362	349	241	157	90	53	68	1 257
Outaouais	2 583	83	277	164	94	72	17	81	73	1 721
Abitibi-Témiscamingue	412	25	78	69	69	26	27		66	51
Mauricie	838	44	123	131	149	49	38	13	12	278
Saguenay Lac St Jean	985	49	181	157	143	62	77	14	30	272
Côte Nord	297	32	66	51	56	19	13		30	29
Nord du Québec	42	3	9	4	4	1	2		8	10

Sources : Analyses Aviseo Conseil

Offre totale de professionnels en génie par profession et région administrative sur l'horizon 2019-2030

Régions	Total							Autres	
Ensemble du Québec	50 503	10 093	7 746	4 521	1 501	2 751	1 154	2 198	20 540
Gaspésie Îles de la Madeleine	108	51	12	12	1	10		7	13
Bas Saint Laurent	470	141	94	42	1	13		41	139
Capitale-Nationale	5 465	1 254	646	325	166	169	42	388	2 475
Chaudière-Appalaches	1 700	444	247	84	61	103		101	662
Estrie	1 370	311	340	106	118	90		34	372
Centre du Québec	738	137	247	59	24	73		30	169
Montérégie	9 953	1 740	1 801	1 019	264	634	231	433	3 831
Montréal	18 024	3 246	2 456	1 704	543	863	481	545	8 185
Laval	3 422	674	474	337	53	166	162	101	1 456
Lanaudière	1 505	341	272	140	61	123	35	19	515
Laurentides	2 751	606	418	263	61	232	120	78	972
Outaouais	2 175	363	165	140	45	53	58	86	1 265
Abitibi-Témiscamingue	456	115	94	49	16	10		131	41
Mauricie	896	239	169	84	28	106	19	34	218
Saguenay Lac St Jean	1 090	277	253	118	45	73	5	123	196
Côte Nord	330	132	53	37	16	27		41	24
Nord du Québec	50	21	6	1	1	7		7	7

Sources : Analyses Aviseo Conseil

(1) Les totaux pourraient ne pas égaier la somme des valeurs de chacune des régions en raison des arrondissements.

ANNEXE 4

Principales hypothèses du modèle de prévision

PIB Prévision 2019-2030			
	Scénario optimiste	Scénario de référence	Scénario pessimiste
Variation du PIB Réel	2,18 %	1,95 %	0,95 %

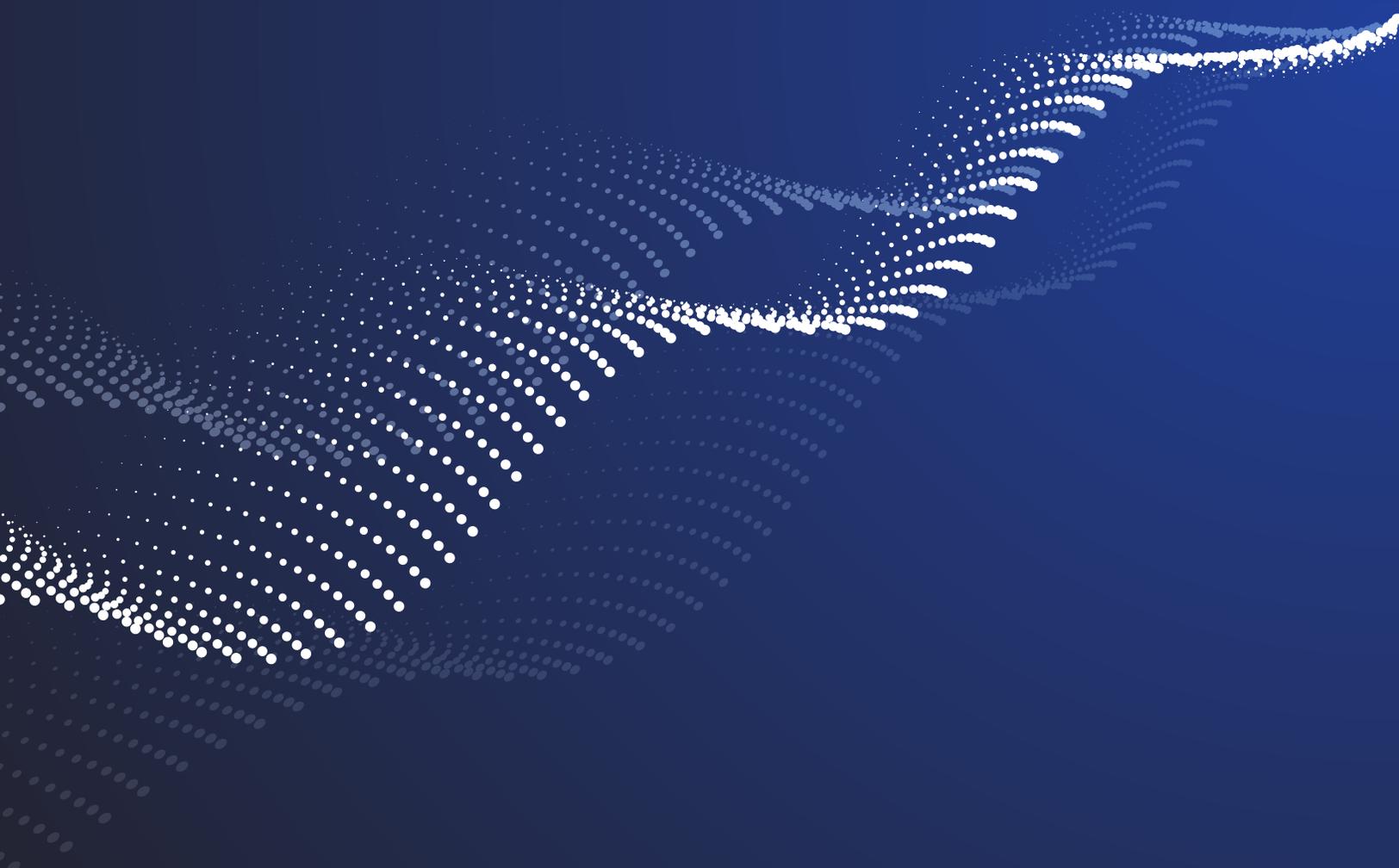
Taux de départ à la retraite				
	20 à 54 ans	55 à 64 ans	65 à 74 ans	75 ans et +
Hommes	0 %	7,6 %	75,5 %	79,6 %
Femmes	0 %	15,6 %	70,2 %	87,6 %

Taux de décès					
	35 à 44 ans	45 à 54 ans	55 à 64 ans	65 à 74 ans	75 ans et +
Hommes	0,7 %	1,1 %	2,7 %	6,7 %	10,3 %
Femmes	0,3 %	0,7 %	1,8 %	4,8 %	7,3 %

Taux de fécondité		
	20 à 54 ans	55 à 64 ans
Femmes universitaires	11,2 %	3,4 %

Taux de départ à l'étranger des étudiants universitaires	
	Taux de départ
Universités francophones	75 % des finissants non-qubécois
Universités anglophones	40 % du nombre total de finissants

Sources : Analyses Aviseo Conseil



oiq.qc.ca

1801, avenue McGill College, 6^e étage
Montréal (Québec) H3A 2N4

ing. Ordre
des ingénieurs
du Québec