



Gouvernement
du Canada
Horizons de politiques
Canada

Government
of Canada
Policy Horizons
Canada

Canada

SEPTEMBRE 2013

METASCAN³

Technologies émergentes

*UNE ÉTUDE PROSPECTIVE EXPLORANT LA
FAÇON DONT LES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES
VONT FAÇONNER L'ÉCONOMIE ET LA SOCIÉTÉ,
ET LES DÉFIS ET LES OCCASIONS QUE CES
TECHNOLOGIES VONT CRÉER*



TABLE DES MATIÈRES

LÉGENDE DES ICÔNES INTERACTIVES

-  Les signaux faibles de changements
-  Lien vers un video
-  Voulez-vous en savoir plus?

<i>AVERTISSEMENT</i>	i	
<i>REMERCIEMENTS</i>	ii	
<i>SOMMAIRE EXÉCUTIF</i>	1	
<i>MOTEURS DE CHANGEMENT</i>	5	
<i>DOMAINES : IMPACTS POTENTIELS</i>	11	
La fabrication _____	11	
Les services _____	12	
Les ressources naturelles _____	14	
L'agriculture _____	14	
L'énergie _____	16	
Le transport _____	17	
La médecine _____	18	
La sécurité _____	20	
Les maisons _____	21	
Le travail _____	23	
<i>ENJEUX DE POLITIQUES</i>	25	
<i>HYPOTHÈSES CRÉDIBLES</i>	33	
<i>RÉFÉRENCES</i>	35	
<i>CONSULTATIONS ET ENTREVUES</i>	42	
<i>ANNEXE 1 : SCÉNARIOS</i>	44	
<i>ANNEXE 2 : PROCESSUS D'HORIZONS</i>	47	

AVERTISSEMENT

Horizons de politiques Canada est une organisation de prospective dynamique du gouvernement du Canada dont le mandat a pour but d'aider à anticiper les défis et les possibilités de politique émergents, à explorer de nouvelles connaissances et idées et à expérimenter les méthodes et les technologies visant à appuyer l'élaboration de politiques résilientes. Les opinions qui sont exprimées dans les documents d'Horizons de politiques Canada ne sont pas nécessairement celles du gouvernement du Canada ou de ministères ou d'organismes en particulier.

Les publications d'Horizons de politiques Canada sont accessibles à des fins personnelles ou publiques, mais non commerciales, et peuvent être reproduites, en tout ou en partie, et de quelque moyen que ce soit, sans frais ni autre autorisation. Horizons de politiques Canada doit être cité comme étant le ministère source de la publication.

PH4-147/2014F-PDF
978-0-660-21820-5

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2014.

REMERCIEMENTS

La présente étude prospective sur les technologies émergentes menée en 2013 est le fruit d'une collaboration qui fait suite au rapport de 2012, [MetaScan 2 : Renforcer la résilience en vue de la transition vers une économie et une société en réseau](#). Au cours de cette étude, des entrevues ont été réalisées auprès de plus de 90 experts du gouvernement, du secteur privé, de la société civile et d'universités. Nous apprécions grandement leur savoir-faire et leurs connaissances dans les domaines de la biotechnologie, de la nanotechnologie et de la neuroscience. La liste complète des personnes interrogées se trouve dans la section Consultations et entrevues. Nous remercions tout particulièrement Jack Smith et Karl Schroeder.

Horizons de politiques Canada (Horizons) fonctionne à la manière d'une structure matricielle. Bon nombre de personnes ont joué un rôle de leadership dans la recherche et l'élaboration du contenu de ce rapport. L'équipe de MetaScan 3 était dirigée par Peter Padbury et Steffen Christensen, et était également composée de Greg Wilburn, Jean Kunz, Paul De Civita, Judy Watling et Duncan Cass-Beggs. Les membres du personnel d'Horizons qui ont dirigé ou participé aux nombreux ateliers, entrevues et sous-projets qui ont donné corps à l'étude étaient : Katherine Antal, Imran Arshad, Teresa Bellefontaine, Martin Berry, Stefanie Bowles, David Cavett-Goodwin, Colin Dobson, Alain Denhez, Pierre Olivier DesMarchais, Nicola Gaye, Roxanne Hamel, Blaise Hébert, Eliza Lavoie, Andrew MacDonald, Marissa Martin, Peter Reinecke, Julie Saumure, Cara Vanayan, Jean-Philippe Veilleux et Nancy White. D'autres membres d'Horizons ont également apporté leur aide, notamment : Wanda Baburek, Marie de Beaumont, Louis-Philippe Gascon, Kelly Ann Lambe et Claudia Meneses. Nous remercions spécialement Naomi Kühn pour le graphisme, la mise en pages et les illustrations, et Martin Berry pour les illustrations tridimensionnelles supplémentaires.

SOMMAIRE EXÉCUTIF

POINT DE MIRE SUR LES TECHNOLOGIES PERTURBATRICES. D'une manière générale, il existe deux types d'innovation technologique : graduelle et perturbatrice. Les changements graduels mènent à un perfectionnement des processus et des produits. Les technologies perturbatrices engendrent des changements radicaux et brusques qui mettent en cause des systèmes sociaux, économiques, environnementaux et gouvernementaux plus vastes. La présente étude prospective examine la façon dont quatre technologies émergentes (les technologies numériques, les biotechnologies, les nanotechnologies et les neurosciences) pourraient provoquer des changements sociaux et économiques perturbateurs au cours des 10 à 15 prochaines années.

RÉPERCUSSIONS SUR DE NOMBREUX DOMAINES. Ces technologies auront une incidence sur pratiquement tous les secteurs de l'économie. L'un des aspects les plus perturbateurs de certaines de ces technologies est leur propension à accroître la productivité avec un moindre effectif. L'intelligence artificielle (comme le logiciel Siri d'Apple) conjuguée aux analyses de données pourrait changer radicalement le secteur des services en réduisant l'effectif. Dans de plus en plus de secteurs, l'impression tridimensionnelle pourrait avoir des conséquences économiques sur les industries manufacturières et modifier leur implantation territoriale. La biologie synthétique pourrait changer l'économie et la circulation des matières premières dans les domaines de l'agriculture, de la foresterie, de l'énergie et des mines. Les gouvernements, les entreprises et la société devront travailler de concert pour veiller à ce que des politiques et des institutions innovatrices soient en place afin de suivre la vague des changements technologiques. Les 10 à 15 prochaines années constitueront une ère de transition. Presque toutes les grandes infrastructures utiles à des domaines tels que le perfectionnement professionnel, les soins de santé, les transports et la sécurité subiront probablement des pressions. Sous-estimer le rythme du changement ou ne pas en tenir compte pourrait très bien menacer notre compétitivité, notre état de préparation et notre résilience.

ADOPTION D'UNE PERSPECTIVE À LONG TERME. La présente étude est fondée sur des recherches et des entrevues de grande ampleur, menées auprès de plus de 90 experts. Les technologies dont il est question dans cette étude se situent à différents stades de maturité et se développent à des rythmes différents. On s'attend à ce que toutes ces technologies aient des répercussions perturbatrices au cours des 15 prochaines années, si ce n'est beaucoup plus tôt, pour certaines d'entre elles. Certaines technologies peuvent être rejetées par le Canada pour les risques qu'elles comportent, mais elles peuvent être bien accueillies par d'autres



pays. Les quatre technologies établissent la base de l'économie mondiale pour les 50 prochaines années. Il faut un délai de 10 à 15 ans pour tirer profit des occasions et pour se préparer aux défis que ces technologies peuvent présenter. Bien que le Canada ait une [Stratégie des sciences et de la technologie](#) qui permet de soutenir l'innovation et la formation technologiques, l'exploration plus profonde des défis sociaux et économiques parallèles résultant de ces innovations pourrait être utile pour aider le gouvernement, les entreprises et la société à se préparer.

METASCAN 2 COMME BASE DE DÉPART. La présente étude repose sur l'analyse des technologies numériques présentées dans [MetaScan 2](#). Les technologies numériques fournissent la plateforme qui permet une diffusion et une intégration rapides des trois autres technologies. Dans [MetaScan 2](#), un certain nombre de défis ont été mis en relief : l'émergence des chaînes d'approvisionnement entièrement numériques pourrait mettre à rude épreuve les outils et la notion d'une « économie nationale ». L'essor du travail virtuel transnational où l'on se sert d'outils en ligne pour travailler par-delà les frontières nationales élargira les perspectives d'emploi des Canadiens et changera possiblement les modèles d'immigration, en plus de diversifier les échanges dans les services hautement ou peu spécialisés. La formation ponctuelle pour le perfectionnement professionnel et les systèmes de réputation seront nécessaires pour assurer un suivi des compétences des employés et auront pour effet de stimuler une remise en question du système d'éducation. Les entreprises seront de plus en plus virtuelles, internationales et constituées de réseaux axés sur les projets et faisant appel à des travailleurs qualifiés dans toutes les régions du monde. Quels programmes, quelles politiques et quelles infrastructures pourraient permettre aux entreprises et aux individus de prospérer dans un environnement hautement compétitif?

CONCLUSIONS PRINCIPALES : METASCAN 3 REPOSE SUR METASCAN 2, MAIS PORTE EN PLUS SUR LES DÉFIS SUIVANTS :

- **Les nouvelles technologies augmentent la productivité, mais au détriment de l'emploi.** La prochaine décennie pourrait être une période de croissance sans création d'emplois.
- **Tous les secteurs de l'économie devront s'adapter aux nouvelles technologies pour profiter de leurs bienfaits.** Les principaux aspects de cette évolution technologique se résument à la personnalisation, la localisation et une manière plus intelligente de produire et de livrer la marchandise. Il sera essentiel d'employer les personnes qui ont les compétences adéquates.
- **Les avantages compétitifs pourraient changer.** La biologie synthétique est la technologie qui pourrait créer les plus grandes surprises. Elles pourraient permettre aux Canadiens de produire leurs propres carburants,



aliments et ressources naturelles. Ils auraient également plus de facilité à produire des produits comme l'acier biologique. La transition ne se fera pas du jour au lendemain, mais les Canadiens devraient évaluer les effets à long terme de cette technologie dans les secteurs principaux, et si besoin est, élaborer des stratégies pour placer le Canada au sommet de la chaîne de valeur.

- **Un nombre grandissant d'emplois deviendront des emplois temporaires ou atypiques.** Pendant des années, le travail temporaire a été un des groupes d'emploi dont la croissance a été la plus rapide. Fait intéressant : les emplois temporaires et les emplois à la pique constituent une partie essentielle et grandissante de l'économie émergente. Il est primordial d'aider ces travailleurs à être plus productifs. Ils ne font pas partie du contrat social actuel; les pigistes n'obtiennent donc pas le soutien dont ils ont besoin pour se perfectionner et prospérer.
- **La fin de la confidentialité telle que nous la connaissons.** Plusieurs technologies conjugueront leurs effets pour lever toutes sortes d'obstacles, économiques ou autres, à ce que l'on en apprenne les uns sur les autres. Il y a certes beaucoup à gagner d'une fusion de données personnelles en de grandes bases de données dans des domaines tels que les soins de santé, mais les notions traditionnelles de confidentialité peuvent être mises à rude épreuve.
- **De nouveaux phénomènes d'inégalité peuvent apparaître.** Les avancées technologiques peuvent aider à offrir aux individus de meilleures possibilités, mais peuvent également créer de nouveaux obstacles pour y accéder. Par exemple, plusieurs technologies présentent de nouvelles façons d'aider les personnes blessées et les personnes handicapées, mais le coût de traitement pourrait limiter l'accès et engendrer de nouvelles inégalités.
- **Infrastructure en transition.** Les nouvelles technologies sont susceptibles de provoquer un changement important dans l'infrastructure en ce qui a trait à la santé, aux transports, à la sécurité et aux filières énergétiques. Le défi sera de déterminer si l'on conserve l'ancienne infrastructure ou si l'on passe à la nouvelle infrastructure plus efficace.
- **Le système réglementaire et le système de gestion des risques devront être renforcés.** Les quatre groupes de technologies exerceront de fortes pressions et de façon inédite sur le système de gestion des risques et le système réglementaire actuels. La nature mondiale de ces technologies porte à croire qu'il sera difficile de réagir rapidement et d'intervenir en collaboration avec d'autres pays.
- **Nous devons bâtir une culture nationale d'innovation.** Notre ère est propice aux grandes occasions. Les quatre groupes de technologies dont il est question dans cette étude établissent la base de l'économie mondiale pour les 50 prochaines années de développement. En disposant des



renseignements appropriés, des compétences requises et des politiques adéquates à tous les niveaux – du niveau individuel au niveau mondial – le Canada peut prospérer. Le Canada doit envisager l'écosystème d'innovation dans sa globalité et élaborer des politiques pour soutenir l'adaptation, les expériences, le perfectionnement professionnel, la réglementation et l'esprit d'entreprise.

L'OBJECTIF EST D'ÉTUДИER LES HYPOTHÈSES ET LES DÉFIS : Ce rapport guide les lecteurs dans une réflexion qui les aidera à examiner et à se faire une représentation mentale de la façon dont ces technologies pourraient façonner l'économie et la société du Canada. La méthode prospective d'Horizons (voir annexe 2) ne prédit pas l'avenir. Cette méthode explore plutôt une panoplie de possibilités relatives à l'avenir et identifie les surprises et les défis pouvant émerger dans les 10 à 15 prochaines années. L'étude vise à susciter le dialogue et les débats sur ces défis pour faciliter l'élaboration de stratégies dynamiques en matière de politiques pour relever ces défis.

UTILISATION DE CE RAPPORT INTERACTIF : Les icônes — pour les liens vers des vidéos, les endroits où trouver des renseignements supplémentaires et les « signaux faibles » — visent à vous aider à « voir » les signes de changements notables à l'heure actuelle. La lecture de ce rapport en ligne vous permettra de voir ces renseignements. Les pages 5 à 10 vous aideront à vous faire une idée des technologies qui orienteront ces changements. Les pages 11 à 24 explorent la façon dont ces éléments moteurs pourraient façonner 10 « domaines », notamment la fabrication, les services, les ressources, la santé, les transports et la sécurité. Les domaines illustrent les potentiels de changement en fournissant des exemples de ce que nos vies pourraient être en 2025. Les pages 25 à 32 élargissent l'analyse et décrivent les enjeux de politiques auxquels le Canada pourrait être confronté au cours des 10 à 15 prochaines années. Les pages 33 à 34 donnent un aperçu des nouvelles hypothèses qui peuvent être utiles à l'élaboration des politiques publiques.

MOTEURS DE CHANGEMENT

CES TECHNOLOGIES INDUIRONT DES CHANGEMENTS QUI FAÇONNERONT L'ÉCONOMIE ET LA SOCIÉTÉ AU COURS DES 15 PROCHAINES ANNÉES

Que sont les moteurs de changement?

Dans un monde de causes et d'effets, les moteurs de changements sont des progrès qui provoquent une transformation importante du système à l'étude.

Comment les moteurs de changement sont-ils utilisés?

Beaucoup d'analyses de la conjoncture mettent l'accent sur les moteurs de changement et sur leurs répercussions. Dans une étude prospective, des surprises et des défis se présentent à mesure que les moteurs de changement interagissent les uns avec les autres et avec le système à l'étude.

BIOTECHNOLOGIES ÉMERGENTES

Nos connaissances en biologie s'approfondissent, et les résultats potentiels sont énormes. Dr Freeman Dyson, peut-être l'une des voix les plus influentes du monde de la science des dernières années, a affirmé que « la domestication de la biotechnologie dominera nos vies pendant les cinquante prochaines années au moins autant que la domestication des ordinateurs a dominé nos vies pendant les cinquante dernières années ». Cette section examine plusieurs biotechnologies émergentes qui orienteront des changements économiques et sociaux.

BIOLOGIE SYNTHÉTIQUE

La biologie synthétique est peut-être la technologie la moins connue et la plus « perturbatrice » des technologies à l'étude. Fondamentalement, il s'agit de l'application des principes de l'ingénierie à la biologie. La biologie synthétique s'appuie sur les technologies existantes afin de concevoir et d'élaborer de nouveaux systèmes biologiques qui seront utiles ou qui serviront de produits auxiliaires à d'autres produits utiles. Le logiciel actuel aide les bio-ingénieurs à utiliser une bibliothèque en ligne de « BioBricks » de plus en plus importante pour élaborer de nouvelles fonctions génétiques. Les BioBricks peuvent être assemblées par des robots, ou des fichiers numériques d'ADN peuvent être envoyés à une imprimante ADN; dans les deux cas, le nouvel ADN est inséré dans une cellule vivante. Il a été prouvé que cette technologie est très efficace. Par exemple, lorsque le génie génétique (qui modifie seulement quelques gènes à la fois) était utilisé pour créer une levure qui allait produire l'ancêtre du médicament antipaludique, *l'artémisinine* (anglais seulement), il a fallu 150 années-personnes et 25 millions de dollars. Pourtant, à l'aide de BioBricks, il a suffi de 3 mois à un laboratoire de 12 personnes pour produire 12 systèmes biologiques de complexité comparable. Le travail réalisé dans ce domaine devient de plus en plus facile pour les chercheurs, et ce, dans tous les domaines. En 2013, la compétition de *l'Internal Genetically Engineered Machines* (iGEM) (anglais seulement) a accueilli plus de 200 universités et 30 équipes d'écoles secondaires qui utilisaient les nouvelles technologies pour concevoir et élaborer de nouveaux systèmes biologiques. Il y a évidemment des risques et des possibilités. La création d'une nouvelle vie, surtout en l'absence d'un cadre réglementaire éprouvé, suscite des préoccupations de sécurité. Sur le plan des

possibilités, la vie se reproduit gratuitement, les coûts des intrants sont bas, et la production d'un plus grand nombre d'appareils biologiques ne nécessite qu'un apport supplémentaire de matières biologiques. Les progrès dans le domaine de la biologie synthétique pourraient marquer le début d'un monde différent qui atténue les inquiétudes d'aujourd'hui relativement aux enjeux tels que l'épuisement des ressources et l'approvisionnement énergétique.



Biologie synthétique: Voie de l'innovation dans le domaine des carburants et des produits chimiques (anglais seulement)



Construire grâce à la biologie synthétique (anglais seulement)



Débat sur les plantes luminescentes (anglais seulement)

BIOLOGIE COMPUTATIONNELLE

La biologie computationnelle consiste à emmagasiner, à analyser, à modéliser et à partager de grands nombres de données biologiques. Les applications actuelles de la biologie computationnelle comprennent le codage à barres génétique, les nouveaux bioproduits (tels que les **asperges Millenium** (anglais seulement) et le biodiesel), la réalisation de modèle de flambée épidémique et enfin la génomique personnalisée. Notre capacité d'analyser de grands nombres de données et d'influer sur certaines caractéristiques des plantes, des animaux et des humains s'élargira radicalement. Envisagez les possibilités associées à un appareil médical utilisé sur une grande échelle, coûtant 1 000 \$ et permettant de séquencer vos génomes, de vous connecter à des bases de données en ligne, d'établir un profil de votre histoire et de votre avenir génétiques, de mettre l'accent sur votre profil de risques, et de répertorier les occasions d'atténuer les risques. La biologie computationnelle permet d'adapter les traitements médicaux et pharmacologiques aux besoins des individus au moyen de la médecine préventive, en utilisant des marqueurs biologiques pour réaliser un modèle des effets indésirables des médicaments en aidant à comprendre l'interaction complexe entre la génétique et l'environnement. La biologie computationnelle pourrait changer fondamentalement ce que nous pensons des systèmes de soins de santé.

Mon avenir, ma science (anglais seulement)



INGÉNIERIE TISSULAIRE

L'ingénierie tissulaire utilise des biomatériaux produits de façon naturelle ou synthétique afin de remplacer les tissus endommagés ou défectueux, dont les os, la peau et même des organes en entier. Aujourd'hui, les organes qui peuvent être régénérés sont la peau, la trachée et la vessie; dans une décennie, cette liste s'élargira au rein, au foie et au cœur. Les cellules souches peuvent également être utilisées pour réparer des organes en place qui sont endommagés ou affaiblis. L'application la plus immédiate de l'ingénierie tissulaire est dans le domaine de la santé humaine aux fins de réparation, de remplacement et d'augmentation. Cette technologie réduira le besoin de dons d'organes et éliminera le rejet des transplantations, car les parties du corps seront régénérées ou reproduites à l'aide des cellules du patient. À long terme, les progrès en matière de synthèse de la peau, des os et des muscles peuvent même permettre aux individus de changer leur apparence et d'augmenter leurs capacités physiques.

Fabriquer des organes à partir de zéro (anglais seulement)



NANOTECHNOLOGIES ÉMERGENTES

Même si notre compréhension de la vie s'approfondit, de nouvelles possibilités se font jour à une plus petite échelle. Le terme nano est dérivé du mot grecque « nanos », qui signifie « nain », et renvoie au fait que la nanoscience s'exécute à une échelle atomique. À cette échelle, les substances agissent parfois de façon innovatrice. Ce champ est moins avancé que les biotechnologies, même si la majeure partie de la nanotechnologie actuelle comprend une grande composante biotechnologique. Certains affirment que la nanotechnologie sera de la « technologie sur stéroïdes », car la nanotechnologie améliorera de nombreuses technologies et accélérera leur développement.

NANOMATÉRIAUX

Les systèmes à l'échelle nanométrique présentent souvent des propriétés qui améliorent leurs variétés à l'échelle humaine ou qui en sont très différentes; par exemple, l'argent présente des propriétés antibactériennes à l'échelle nanométrique qui sont absentes à grande échelle. Puisque les scientifiques travaillent avec des matériaux près du niveau moléculaire, ils peuvent produire de nouveaux matériaux utiles, tels que la **nanocellulose** (anglais seulement) et le **nanocarbone** (anglais seulement). Ces deux matériaux ont d'impressionnantes caractéristiques de fonctionnement et sont respectivement 10 et 50 fois plus solides que l'acier. Le nanorevêtement fournit de nouvelles façons de rendre les structures autonettoyantes, plus durables et peut-être même capables de recevoir et d'emmagasiner des stimuli, et d'y répondre. D'autres nanomatériaux sont d'excellents catalyseurs pour rendre les produits chimiques plus verts et plus abordables. Au cours des 15 prochaines années, les nanomatériaux changeront les types de choses que nous construisons et notre façon de les construire.

[Puissance de la nanotechnologie](#) (anglais seulement)

[Survol de la nanotechnologie](#) (anglais seulement)



NANODISPOSITIFS ET NANOCAPTEURS

Les nanodispositifs sont des machines faites à partir d'un certain nombre de constituants moléculaires qui font un travail utile (notamment en se déplaçant et en changeant électriquement, chimiquement ou optiquement) en réponse à des données précises. Les systèmes nanoélectromécaniques (NEMS), les nanocapteurs, les nanoordinateurs et les nanorobots en sont des exemples. Ils sont surprenants sur le plan de leur efficacité énergétique, de leur flux énergétique surfacique, de leur sensibilité et leur efficacité optique. Leur petite taille permet également de réduire les coûts de production et augmente le nombre de dispositifs fonctionnant en parallèle, ce qui augmente la vitesse. Ils ont tendance à être plus utilisés dans les dispositifs médicaux, bien que leur petit format pourrait nous induire en erreur en les désignant comme des médicaments « intelligents ». Ils sont également susceptibles d'être des composants de dispositifs à l'échelle humaine dans le but d'augmenter le rendement et de fournir de nouvelles capacités.

Les nanocapteurs, en particulier, sont appelés à avoir une très grande incidence. Ils peuvent ouvrir la possibilité d'élaborer des dispositifs portables et peu coûteux qui, d'une façon rapide, détecteront, identifieront et quantifieront les substances chimiques et biologiques. Ils peuvent prendre la forme de capteurs précis, ou peuvent simplement être des caractéristiques intégrées aux prochaines générations d'appareils mobiles. À ce titre, on s'attend à ce que les nanocapteurs engendrent des applications révolutionnaires, notamment en ce qui concerne la détection précoce de maladies, la surveillance de la santé en temps réel, la détection rapide et précise de polluants et de contaminants de l'environnement, et même d'armes biologiques et chimiques.

[Nanocapteurs](#) (anglais seulement)



NANOTECHNOLOGIE POUR L'ÉNERGIE

La nanotechnologie améliorerait les filières énergétiques dans deux principaux domaines au cours des 15 prochaines années. D'abord, les photopiles, moins chères aujourd'hui que jamais auparavant, sont sur le point de connaître d'importantes améliorations en raison, principalement, de la nanotechnologie. Les [photopiles multijonctions de haute performance](#) (anglais seulement), la [capture d'énergie infrarouge](#) (anglais seulement) et les conceptions de [division de longueur d'ondes](#) (anglais seulement) peuvent augmenter le rendement des photopiles de haute performance de 200 à 300 %. [L'impression rouleau à rouleau](#) (anglais seulement) des photopiles sur du plastique à base d'encres photosynthétiques permettra aux panneaux solaires d'être produits à des coûts considérablement plus bas que les coûts actuels, déjà faibles.

Ensuite, les piles seront améliorées grâce à l'utilisation de nanomatériaux améliorés et d'économies d'échelle. Nous espérons avoir de meilleures capacités, une recharge beaucoup plus rapide, une plus grande longévité et des prix considérablement plus bas. De meilleures piles moins coûteuses seraient la technologie maitresse pour remplacer le moteur à combustion interne pour les véhicules de tourisme et soutenir la transition vers l'utilisation de l'énergie renouvelable dans les maisons et les entreprises en réglant le problème de l'intermittence des sources d'énergie renouvelable comme le vent et le soleil. En utilisant ces technologies, les bâtiments peuvent devenir indépendants énergétiquement et les stations-services alimentées par pile solaire pourraient appuyer le marché grandissant de véhicules électriques.

[Production rouleau à rouleau de cellules solaires organiques tandems](#) (anglais seulement)



TECHNOLOGIES ÉMERGENTES DANS LE DOMAINE DE LA NEUROSCIENCE

La neuroscience est l'étude de la structure et des fonctions du système nerveux et du cerveau. Les progrès dans la neuroscience et la science cognitive ont amélioré notre compréhension de la perception, de la mémoire, du raisonnement et des émotions. Ce domaine est un peu moins avancé que les deux premiers, mais, vu les récents investissements massifs faits aux États-Unis et dans l'Union européenne, il y a un important potentiel de surprises dans les 15 prochaines années.

NEUROSTIMULATION

La neurostimulation englobe ces technologies qui stimulent, ou bloquent, certaines parties du système nerveux, surtout dans le cerveau. Cette technologie sert à traiter différents troubles neurologiques graves, tels que la maladie de Parkinson, la dépression et l'insomnie. La neurostimulation peut également être utilisée pour augmenter les fonctions cognitives humaines. La neurostimulation a pendant longtemps été pratiquée par des moyens invasifs (chirurgie) et non invasifs (prise de pilules, stimulation électrique). Des casques prêts-à-porter sont actuellement mis sur le marché; on les fait fonctionner en mettant les neurones sous faible tension, ce qui les rend plus prompts à s'activer. Ces appareils utilisent la [stimulation transcrânienne à courant continu \(STCC\)](#) (anglais seulement), qui a le potentiel de renforcer le langage, l'apprentissage, l'attention, la résolution de problèmes, la coordination et les fonctions mnésiques; d'aider à combattre l'insomnie, l'anxiété et la dépression; et de soulager la douleur. La future utilisation des médicaments « intelligents » et de la STCC pourrait permettre à certaines personnes d'obtenir un avantage compétitif sur d'autres personnes.

[Foc.us : des électrodes pour stimuler le cerveau des amateurs de jeux vidéo](#) (anglais seulement)



INTERFACE CERVEAU-ORDINATEUR

Une interface cerveau-ordinateur est une voie de communication directe qui connecte les signaux nerveux dans le cerveau à un ordinateur externe. Les interfaces cerveau-ordinateur peuvent être invasives (implantées dans le cerveau ou juste au-dessus de celui-ci), ou non invasives (sur le cuir chevelu). Les interfaces cerveau-ordinateur sont utilisées à des fins thérapeutiques pour aider, augmenter ou réparer les fonctions motrices, sensorielles ou cognitives humaines. De nos jours, la formation et la pratique sont nécessaires pour rendre les interfaces cerveau-ordinateurs utiles et fiables. La recherche, l'intelligence artificielle et des données supplémentaires apporteront toutefois d'importantes améliorations. Les applications potentielles à court terme comprennent l'utilisation des interfaces cerveau-ordinateur dans le but de détecter les relâchements de l'attention dans l'exercice des professions qui requièrent de la vigilance, et l'utilisation de ces interfaces comme des outils de communication pour ceux qui ont perdu leurs habiletés motrices, mais qui ont toujours leurs facultés cognitives. À l'avenir, cette technologie pourrait être utilisée pour améliorer les fonctions cognitives, mieux comprendre les préférences humaines et augmenter les habiletés humaines, telles que la coordination et le temps de réaction. Cette technologie peut même servir à développer de nouveaux sens chez les humains, comme la capacité de sentir les champs magnétiques, les lumières à infrarouge et les ondes radioélectriques.



Interface cerveau-machine
Mindster – Imperial College London
(Collège impérial de science, de
technologie et de médecine situé
à London, au R. U.)

(anglais seulement)



Une équipe de chercheurs de
Harvard remue la queue d'un rat
au moyen d'une interface cerveau-
cerveau

(anglais seulement)



Substitution sensorielle :
Bienvenue au cerveau de l'avenir

(anglais seulement)

TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES ÉMERGENTES

La révolution numérique est la technologie la mieux maîtrisée des quatre groupes de technologies présentées dans cette étude (voir [MetaScan 2](#) pour une description de l'avenir numérique). Les technologies et infrastructures numériques servent de bases qui intégreront, interconnecteront et accéléreront les trois groupes de technologies décrits plus haut.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

L'intelligence artificielle (IA) consiste à donner aux machines des caractéristiques telles que le raisonnement, la planification, l'apprentissage, la communication et la perception, et la capacité de déplacer et de manipuler des objets. L'IA est déjà largement utilisée aujourd'hui : l'application Siri d'Apple pour la reconnaissance de la voix, les fonctions de recherche d'images et de textes de Google, la [reconnaissance faciale de Facebook](#) (anglais seulement), les [astromobiles de la NASA](#) (anglais seulement) et les opérations algorithmiques sur les actions. Actuellement, toutefois, l'IA est spécifique aux certaines tâches. La prochaine étape pour les chercheurs et les informaticiens consiste à faire progresser l'IA de sorte que les ordinateurs puissent apprendre des connaissances générales qui peuvent être utilisées pour leur permettre de travailler dans de nouvelles situations, ou de mieux réagir au contexte et à l'état d'esprit du consommateur. Les innovations en matière d'IA sont fondées sur des logiciels, et sont actuellement

incorporées aux outils personnels (p. ex. les téléphones intelligents, les lunettes Google Glass) comme de nouvelles fonctionnalités, souvent à un coût marginal proche de zéro dollar. Grâce à l'IA, il est possible d'automatiser de nombreuses tâches, et d'améliorer l'efficacité et la productivité personnelles.

L'intelligence artificielle s'en vient (anglais seulement)



ROBOTIQUE

La robotique est la branche de la technologie qui porte sur la conception, la construction, l'opération et l'application de robots, d'ordinateurs connexes et de systèmes de contrôle. Les robots aident les humains ou les remplacent dans des environnements dangereux ou dans des procédés de fabrication, et peuvent ressembler aux humains sur le plan de leur apparence, de leur comportement ou de leurs facultés cognitives. De plus en plus, les robots sont conçus pour jouer des rôles qui sont complémentaires aux humains. De nos jours, les robots expérimentaux peuvent inventorier les marchandises, déplacer des charges, cueillir des baies, faire des travaux ménagers, s'occuper des personnes âgées, détecter à distance et créer une présence virtuelle. Au fur et à mesure que leur intelligence artificielle s'améliorera, ils deviendront plus intelligents et plus compétents. Le matériel robotique s'améliore rapidement; le défi réside dans le logiciel – l'intelligence derrière la machine qui permet à la machine de fonctionner d'une manière précise. Les robots destinés à effectuer des tâches précises pourraient réaliser des tâches aussi diversifiées que pratiquer une chirurgie, faire la cuisine ou conduire. Les entreprises continueront à être les premières à utiliser la technologie robotique, et l'utilisation domestique suivra à mesure que les prix baisseront et que les fonctionnalités deviendront compétitives.



NAO Next Gen : le nouveau robot d'Aldebaran Robotics
(anglais seulement)



La Chine a acheté ou fabriqué 32 800 robots en 2012, plus que tout autre pays (anglais seulement)



Le rapport sur les robots
(anglais seulement)

DOMAINES : Impacts potentiels

Cette section illustre les répercussions que pourraient avoir les nouvelles technologies dans dix « domaines » de la société. On y explore quatre domaines économiques traditionnels – la fabrication, les services, les ressources naturelles et l'agriculture – puis quatre domaines clés de l'infrastructure – la santé, l'énergie, les transports et la sécurité – et, enfin, deux perspectives transversales montrant ce à quoi

pourraient ressembler le travail et la maison. Il ne s'agit pas de prédire l'avenir, mais plutôt d'aider les lecteurs à se faire une idée de ce qui deviendra possible si ces technologies se développent comme de nombreux experts le croient plausible. Les possibilités et les risques inhérents à chacune des technologies vont en influencer le développement.

1. L'INCIDENCE POTENTIELLE SUR LA FABRICATION

L'INDUSTRIE MANUFACTURIÈRE PEUT ÊTRE PLUS LOCALE ET PLUS EFFICACE. En ce qui concerne l'industrie légère, l'impression tridimensionnelle (3D) et la biologie synthétique présentent des caractéristiques similaires : elles contribuent à la production locale d'un « produit » à partir d'un fichier numérique et à l'aide d'un matériel simple et bon marché, elles peuvent reproduire à très faible coût un produit en petite ou en grande quantité, et elles permettent à l'utilisateur de faire facilement des essais et de personnaliser le « produit ». À l'heure actuelle, l'impression tridimensionnelle est possible avec près de 30 matériaux différents et selon des degrés de complexité croissants (p. ex. Boeing imprime 22 000 pièces d'avion différentes). Ce procédé s'étendra bientôt aux vêtements et à de nombreux autres biens de consommation et gadgets électroniques, entre autres choses. La biologie synthétique produira probablement quant à elle des liquides, des solides et des substances chimiques industrielles utilisées dans les produits pharmaceutiques, les médicaments, le papier, les matériaux de construction et d'autres biens que l'on ne peut s'imaginer à l'heure actuelle, et ce, en petite comme en grande quantité. Elle pourrait aussi permettre de produire sur place les matières premières dont ont besoin les usines locales de fabrication.

DES ROBOTS À BAS PRIX POURRAIENT ÉGALISER LES CHANCES. Les capteurs, l'intelligence artificielle (IA) et les robots transformeront l'industrie lourde et auront probablement un effet égalisateur entre les économies des pays industrialisés et celles des pays en développement. Alors que les pays en voie de développement risquent de perdre l'avantage que leur confère leur main-d'œuvre bon marché puisque les pays économiquement développés feront usage d'une main-d'œuvre plus abordable mettant à profit des plateformes robotiques assistées par IA, les pays économiquement développés et les pays en voie de développement pourront exploiter les possibilités de l'IA pour augmenter la productivité de leurs travailleurs peu spécialisés.

DE NOUVEAUX MATÉRIAUX DOTÉS DE NOUVELLES PROPRIÉTÉS PROPICES À

L'INNOVATION. Les nouveaux biomatériaux et nanomatériaux devraient inaugurer une nouvelle ère d'innovation qui verra la multiplication de produits et de procédés novateurs. Les propriétés

de ces nouveaux matériaux permettent d'envisager de nouveaux formats, aux deux extrémités du spectre, ce qui créera des perspectives inédites sur lesquelles pourra se déployer l'imagination des concepteurs, des ingénieurs et des architectes. Les nanocomposites et autres nouveaux matériaux — dont certains sont aussi robustes que l'acier, alors que d'autres sont mous et souples — amélioreront le rendement des produits manufacturés et faciliteront la production d'un plus large éventail d'objets imprimés en 3D. Les capteurs et étiquettes numériques intégrés aux matériaux permettront d'en faire le suivi tout au long de la chaîne d'approvisionnement, assurant une transparence accrue et un meilleur contrôle du cycle de vie du produit.

PROCÉDÉS INDUSTRIELS PLUS RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT. Les pressions de plus en plus fortes exercées sur les ressources renouvelables et non renouvelables, ainsi que les préoccupations du public sur les nouveaux nanomatériaux et biomatériaux, mettront davantage l'accent sur la création de « systèmes en circuit fermé ». Au sein de tels systèmes, les déchets d'une industrie sont reconvertis en matière première pour un autre type d'industrie. Les produits seraient conçus pour être sains et entièrement recyclables. Grâce à la biologie synthétique, les procédés industriels s'inspireront de la nature (p. ex. on utilisera des enzymes pour accélérer la décomposition des déchets industriels en sous-produits inoffensifs ayant une valeur commerciale), et la nanotechnologie produira de nouveaux biens dotés de nouvelles propriétés, à une petite échelle beaucoup moins gourmande en termes de ressources. On pourra, par exemple, bientôt se servir d'un téléphone intelligent contenant de 20 à 30 minuscules nanocapteurs conçus pour récolter des données biométriques.

La révolution de l'impression 3D
(anglais seulement)

Imprimante d'ADN super-rapide et bon marché (anglais seulement)



UN ENJEU DE POLITIQUE POSSIBLE :

- Quels sont les risques que pose à la santé humaine et à l'environnement le recours à la biotechnologie et la nanotechnologie pour produire des biens? Sommes-nous en mesure d'atténuer ces risques?

2. L'INCIDENCE POTENTIELLE SUR LES SERVICES

DE NOUVEAUX TYPES DE SERVICES. L'économie canadienne est dominée par le secteur des services, qui représentait 78 % de la main-d'œuvre du Canada en 2012. Les technologies émergentes sont susceptibles d'augmenter la productivité, mais peuvent déplacer la main-d'œuvre dans les emplois tertiaires très ou peu spécialisés. De toutes nouvelles occasions d'emplois et de services sont susceptibles d'émerger dans des domaines tels que les services professionnels et les services interentreprises; les soins destinés à la population vieillissante; les soins de santé; la culture et les loisirs, les produits intangibles (concepts, conceptions, renseignements et conseils); et le commerce des services internationaux.

DES SERVICES DE PLUS EN PLUS PERSONNALISÉS SELON LES INDIVIDUS. Les capteurs et l'intelligence artificielle (IA) dans les médias imprimés, les enseignes et les appareils permettront une adaptation de plus en plus poussée des services aux intérêts des usagers par la détection de leurs renseignements démographiques et par l'enregistrement de leurs choix précédents. Les places publiques seront plus interactives et capables de fournir des renseignements pertinents sans que l'utilisateur ait à naviguer dans des menus fastidieux. La clientèle acquise est assurée en enregistrant ses préférences précédentes. L'IA pourrait rappeler à un coiffeur les préférences d'une personne en matière de coupe de cheveux ou la garniture qu'une personne préfère dans un restaurant qui sert des burgers. Les moyens de recueillir des rétroactions instantanées concernant de nouvelles expériences seront également utiles; chez le dentiste, une interface cerveau-ordinateur pourrait permettre de vérifier le niveau de confort du patient. Les tuteurs d'IA pourraient offrir aux étudiants une attention personnelle et ludifier les objectifs d'apprentissage (appliquer des techniques de jeu) pour favoriser les progrès.

LES SERVICES DISTANTS, VIRTUELS ET AUGMENTÉS CHANGERONT LA GÉOGRAPHIE DES SERVICES. Il est probable que des services typiquement offerts en personne seront de plus en plus effectués en ligne. Les rendez-vous chez un médecin ou un avocat commenceront probablement par une entrevue virtuelle préliminaire; la visite pourrait également être virtuelle. Dans les écoles, chaque étudiant pourrait être équipé d'un professeur d'IA personnel qui suivrait l'évolution de leurs progrès et leurs développements au moyen de modules de contenus, et des professeurs humains joueraient un rôle de surveillance. Les dispositifs de réalité augmentée pourraient permettre aux voyageurs et aux touristes d'explorer, de se détendre ou de traiter des affaires sans quitter la maison. La « téléprésence » (le fait d'être à de multiples endroits en même temps) permettra aux utilisateurs de choisir le fournisseur de service correspondant le mieux à leurs besoins, et ce, parmi les fournisseurs du monde entier, et non parmi ceux de leur région.



Les lunettes Google Glass

(anglais seulement)



Une entreprise de Seattle autorise les rencontres virtuelles avec un médecin

(anglais seulement)



Des rencontres virtuelles au bureau du médecin deviendront la norme

(anglais seulement)

ENJEUX DE POLITIQUES POSSIBLES :

- Les nouvelles technologies réduiront-elles ou augmenteront-elles le potentiel de création d'emploi dans le secteur des services?
- Y aura-t-il une fusion au plan international à mesure que les grandes entreprises bien financées automatiseront les services locaux et nationaux?
- Comment devrions-nous encourager l'acquisition de compétences entrepreneuriales et techniques chez les Canadiens en vue de créer une nouvelle génération d'entreprises de services?

3. L'INCIDENCE POTENTIELLE SUR LES RESSOURCES NATURELLES

GESTION ET RÉCOLTE DES RESSOURCES DURABLES. Les nouvelles technologies – surtout les capteurs, les analyses de données, l'IA, les drones, les robots et la biologie synthétique – pourraient conduire la récolte et la gestion durables des ressources halieutiques et forestières vers une nouvelle ère. Ensemble, ces outils pourraient permettre aux gestionnaires des ressources et aux surveillants du gouvernement de surveiller la santé des écosystèmes et des ressources, d'élaborer des stratégies écologiques de récolte et de plantation, et de reconnaître rapidement les cas d'intervention et intervenir de façon ciblée. Être en mesure de voir le système en entier pourrait permettre d'améliorer la planification, les investissements et la transparence des comptes.

DES ROBOTS POUR L'ACQUISITION DE RESSOURCES TRADITIONNELLES ET SOUS-MARINES.

Les drones et les robots joueront un rôle de plus en plus important dans la prospection et l'extraction dans le domaine minier traditionnel et sous-marin, surtout dans des situations d'éloignement, ou d'accès difficile ou dangereux. Les opérateurs de ces robots peuvent vivre dans des zones urbaines avec leurs familles et ne jamais mettre les pieds sur le site. Les opérateurs pourraient vivre dans des fuseaux horaires différents autour du monde, ce qui permettrait une production vingt-quatre heures sur vingt-quatre sans perturbation majeure de leurs vies familiale et personnelle.

Des robots conduisant des tombereaux de chantiers (anglais seulement)



BIOPRODUCTION DE MATIÈRES PREMIÈRES. La biologie synthétique utilise des organismes génétiquement modifiés pour fabriquer un nombre de plus en plus élevé de matériaux, tels que les bioplastiques, les biocarburants, le biocaoutchouc, l'acier biologique, la soie d'araignée et les produits chimiques industriels. Les industries qui peuvent en être perturbées se concentrent dans les domaines des pâtes et papiers, des matériaux de construction, de la fabrication de produits chimiques et pharmaceutiques, de l'agriculture et de l'extraction des combustibles fossiles. Les entreprises de transformation secondaire pourraient se passer des producteurs primaires en créant des usines autosuffisantes qui produiraient des matières premières qui répondraient exactement à leurs spécifications à l'aide de bioréacteurs et de matières biologiques disponibles localement. Alors que ce domaine se développe, il peut être difficile pour les producteurs traditionnels de demeurer compétitifs.

Des bioréacteurs produisant des biocarburants (anglais seulement)



UN ENJEU DE POLITIQUE POSSIBLE :

- Quelles répercussions la biologie synthétique pourrait-elle avoir sur le marché mondial des ressources canadiennes au cours des 15 prochaines années?

4. L'INCIDENCE POTENTIELLE SUR L'AGRICULTURE

CENTRES DE BIOPRODUCTION AGRICOLES. En 2028, la biologie synthétique aura le potentiel pour produire différents types d'aliments à plus bas prix. En manipulant des gènes, on peut créer de tous nouveaux aliments avec de nouvelles propriétés et saveurs. L'industrie de la bioproduction devrait

atteindre, à elle seule, 100 milliards de dollars d'ici 2020. Cette technologie, qui utilise des cuves de verre et de plastique (bioréacteurs) et qui ne demande que du soleil ou du sucre, des algues et des nutriments, peut être installée partout.

Les hamburgers de bœuf synthétique ont un goût « similaire à la viande » (anglais seulement)



DES RÉCOLTES GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉES PLUS ROBUSTES. La biologie synthétique peut également être utilisée afin de créer de nouvelles récoltes qui auront des caractéristiques avantageuses telles que l'halotolérance, et la résistance à la sécheresse et aux ravageurs. Cette technologie peut aider à surmonter les problèmes causés par le changement climatique ou à diminuer la pression exercée sur les terres arables, surtout celles qui servaient à produire de la nourriture pour les animaux et certaines cultures vivrières (p. ex. le sucre, le maïs pour produire du carburant).

DES ROBOTS À LA FERME. L'agriculture a le potentiel de devenir beaucoup plus écoefficace et écologique sur les terres agricoles existantes, étant donné les possibilités d'une plus grande automatisation via l'IA, la robotique et les capteurs. Des drones volants pourraient surveiller de grands champs de façon plus rapide et plus précise. Grâce aux renseignements reçus de ces drones, de même que des satellites et des capteurs, des tracteurs et des épandeurs automatisés pourraient épandre de l'eau, des semences, des pesticides et des nutriments d'une manière plus ciblée et plus régulière. Cette précision pourrait plus tard être renforcée au moyen de pesticides et d'insecticides à libération lente et faits à partir de nanomatériaux. Les cueilleurs robotiques continueront d'apparaître et, avec le temps, ils seront en mesure de récolter un grand nombre de variétés de récoltes. L'agriculture automatisée pourrait rendre l'agriculture intérieure plus viable dans les régions où les répercussions des changements climatiques détériorent les terres arables, l'approvisionnement alimentaire et la fiabilité.

Des robots japonais cueillent les fraises les plus mûres (en anglais et en japonais seulement)



LOCALISER LES ALIMENTS DES SEMENCES À LA BOUCHE. Les renseignements liés aux aliments et destinés à la surveillance des réglementations et des marchés pourraient être renforcés au moyen de puces, de capteurs et de la biologie computationnelle déjà mis en place. Nous pourrions être en mesure de localiser la production de la nourriture de même que la voie de maladies d'origine alimentaire à un degré bien plus élevé. Les marchés, les consommateurs et les gouvernements pourraient être informés d'une façon plus précise de l'endroit d'où les aliments proviennent, du producteur de ces aliments, de la manière dont ces aliments ont été produits et des produits dérivés qui ont été utilisés dans leur production.

ENJEUX DE POLITIQUES POSSIBLES :

- L'appui de la population relativement aux aliments génétiquement modifiés demeure incertain. Quels sont les risques potentiels de la biologie synthétique?
- Les fermes intelligentes automatisées ont un faible besoin de main-d'œuvre traditionnelle, mais peuvent nécessiter des fermiers qui ont de nouvelles compétences et qui peuvent tirer profit des nouvelles technologies.
- Ces technologies pourraient-elles aider à libérer de nouveaux potentiels dans les régions éloignées du Canada?

5. L'INCIDENCE POTENTIELLE SUR L'ÉNERGIE

LE VENT ET LE SOLEIL DEVIENDRAIENT RENTABLES. Récemment, d'importantes améliorations ont été apportées dans les technologies liées au soleil et au vent, notamment dans les procédés d'impression à prix abordable pour les panneaux solaires. De nombreuses sources scientifiques suggèrent que l'énergie solaire ainsi que l'énergie éolienne pourraient devenir le choix le plus rentable pour la nouvelle génération d'électricité dans de nombreux endroits au courant des 15 prochaines années. Étant donné que l'énergie solaire et l'énergie éolienne sont devenues plus abordables, des recherches massives et des capitaux de risques se concentrent désormais de plus en plus sur le stockage dans des piles pour les maisons, les édifices et les véhicules. Un stockage efficace et économique dans les piles se profile à l'horizon. Voilà la clé permettant aux technologies d'alimenter les édifices en énergie renouvelable par temps couvert et calme.

Le futur du carburant : Pourquoi la demande pour le carburant commencera à décliner (anglais seulement)

De nouveaux matériaux pourraient rendre l'alimentation par panneaux solaires beaucoup moins coûteuse (anglais seulement)



DES FILIÈRES ÉNERGÉTIQUES DÉCENTRALISÉES. La combinaison de technologie solaire, de technologie éolienne et de technologie des piles constitue la composante fondamentale des filières énergétiques décentralisées. Les édifices pourraient se connecter au réseau ou fonctionner de façon indépendante. Les voitures électriques pourraient être branchées aux édifices où elles pourraient servir de source d'énergie supplémentaire.

Des solutions émergentes en matière de stockage d'énergie (anglais seulement)



DAVANTAGE DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES ET HYBRIDES. Le secteur de l'automobile verra apparaître davantage de moteurs électriques, car les piles avancées connaissent un franc succès. Les coûts initiaux des véhicules électriques sont prévus diminuer au point d'être équivalents au prix des véhicules conventionnels, car la production de piles augmentera jusqu'à vingt fois. Le coût d'acquisition d'un véhicule électrique est le quart du coût d'un véhicule à moteur à combustion interne, ce qui promouvra davantage les véhicules électriques à mesure que l'on approche de la parité. Les moteurs hybrides avancés utilisant des biocarburants pourraient créer un nouveau segment de marché.

CROISSANCE DE LA BIOÉNERGIE. Les bioréacteurs utilisant des algues modifiées par la biologie synthétique permettront probablement aux entreprises de produire des combustibles peu coûteux qui ne s'alimentent que de rayons de soleil, de CO₂ et d'eau. Les coûts de production du diesel et de l'éthanol créés à partir de cette « chimie verte » pourraient atteindre 0,30 \$/L dans les régions ensoleillées. Puisque le CO₂ pourrait devenir une denrée précieuse pour alimenter les bioréacteurs, les établissements émettant du carbone pourraient devenir des usines de fabrication vertes. Il existe des manières plus vertes de traiter les sables bitumineux.

ENJEUX DE POLITIQUES POSSIBLES :

- Sommes-nous en pleine transition des filières énergétiques centralisées vers des filières décentralisées? Quel est le bon équilibre? Que représente cette transition pour l'investissement et la recherche?
- Les pays, régions et entreprises qui adoptent les filières énergétiques décentralisées pourraient-ils avoir un avantage compétitif à long terme? De moindres coûts? Une plus grande résilience?

6. L'INCIDENCE POTENTIELLE SUR LE TRANSPORT

ARRIVÉE DES VÉHICULES AUTONOMES ET SEMI-AUTONOMES. Le réseau de transport est en évolution. Les anciens véhicules seront progressivement remplacés par des véhicules plus autonomes, plus intelligents et plus efficaces. On verrait circuler, par exemple, des fauteuils roulants et des véhicules de livraison autonomes dans les hôpitaux, les usines, les entrepôts et les centres de villégiature. Bien qu'ils ne soient pas encore entièrement autonomes, les véhicules dotés de « systèmes d'assistance au conducteur » sont désormais la nouvelle norme pour le transport public et individuel. Les outils de diagnostic assistés par intelligence artificielle (IA) permettront aux véhicules d'assurer leur entretien à peu près seuls : vidanges d'huile, vérification des freins, même le passage au lave-auto. À mesure que les véhicules gagneront en autonomie, leur intérieur pourrait se métamorphoser, afin de permettre aux passagers de travailler ou de se détendre à leur aise en se rendant d'un endroit à un autre. Les voitures communiqueront de plus avec d'autres appareils (p. ex., téléphone, ordinateur, réfrigérateur) afin de simplifier encore davantage la vie de leurs utilisateurs. Les accidents demeurent possibles, mais il pourra être délicat d'en attribuer la faute (le véhicule, son système d'IA ou son propriétaire). Tous ces facteurs feront évoluer les notions de propriété et de responsabilité des véhicules.



Rouler dans une voiture sans conducteur
(anglais seulement)



Nissan prévoit offrir plusieurs modèles de voiture autonome d'ici 2020 (anglais seulement)

L'INTERNET DES OBJETS « AMBULANTS ». Au-delà des véhicules eux-mêmes, c'est le réseau de transport tout entier qui pourrait évoluer. L'IA intégrée aux voitures et aux camions sera branchée sur des autoroutes — et éventuellement des voies urbaines — pourvues de capteurs, réflecteurs, émetteurs et autres dispositifs qui simplifieront la circulation des véhicules autonomes. Même si tous les véhicules ne seront pas tous complètement autonomes, la majorité d'entre eux sera au moins « liée » aux autres et aux systèmes de contrôle de la circulation afin de faciliter la coordination et la communication. Cette interrelation permettra d'améliorer grandement l'efficacité du système, permettant aux véhicules de se déplacer plus rapidement et, dans certaines régions, d'une façon beaucoup plus coordonnée qui minimisera les embouteillages. Cependant, la protection de la vie privée risque de devenir problématique, puisque tous les véhicules seront dorénavant dirigés et localisés, voire contrôlés, à distance. Le camionnage et le transport ferroviaire continueront de se concurrencer. Des wagons plus légers et la disponibilité du biodiesel feront en sorte que les chemins de fer pourraient entrer en plus grande compétition avec le transport par camion; cependant, les caravanes automatisées des camions équipés de capteurs augmenteront l'efficacité des systèmes de transport par camion et réduiront les coûts.

PASSER DES VÉHICULES À ESSENCE AUX VÉHICULES HYBRIDES ET ÉLECTRIQUES. L'énergie qui alimente les moyens de transport est en train de changer. Les moteurs électriques et hybrides seront de plus en plus répandus. Les échanges d'énergie entre maisons et voitures, rendus possibles par les technologies des réseaux intelligents et des « maisons intelligentes », deviendront possibles. Les combustibles fossiles pourraient être supplémentés de diesel ou de bioéthanol produits dans un bioréacteur de la région. L'utilisation de nanomatériaux robustes et légers, y compris les nanoformes de carbone, conjuguée à des moteurs et des piles plus efficaces et offrant une plus grande autonomie, se traduira par des véhicules plus sûrs et plus légers, capables de couvrir de plus grandes distances. L'accès à des nanomatériaux plus robustes, qui résistent mieux à la chaleur, permettrait aux moteurs de tourner à des températures plus élevées et d'offrir une meilleure efficacité énergétique. Peu importe le moyen de transport (avion, train, bateau ou véhicule personnel), il est permis de supposer que l'autonomie des véhicules augmentera, que leurs coûts d'utilisation diminueront et que leur impact sur l'environnement s'atténuera.

MEILLEURS SYSTÈMES DE LIVRAISON. La partie des chaînes de valeur industrielles dévolue au transport sera beaucoup plus efficace, grandement automatisée et mieux synchronisée. L'IA et le matériel pour chargement coordonneront le transport de marchandises entre les moyens de transport et les systèmes, un facteur qui façonnerait un secteur de fabrication national compétitif et permettra de conserver de bas prix. Les modèles de gestion allégés et efficaces reposant sur des systèmes « juste à temps » exigent une grande souplesse dans la production et la livraison des biens. Dans le cas des petits envois, certains véhicules pourraient être remplacés par des drones programmables capables de transporter des colis entre les points d'une même région. Ces changements auront des effets sur l'emploi et sur l'apport général du secteur du transport au produit intérieur brut.

ENJEUX DE POLITIQUES POSSIBLES :

- Les gouvernements sont-ils prêts à intégrer de nouvelles formes de propriété et de responsabilité des véhicules?
- À mesure que la disponibilité des nouvelles technologies créera de nouvelles demandes, comment les gouvernements géreront-ils les coûts de mise à niveau et de remplacement de l'infrastructure?
- Le nouveau réseau de transport repose sur un vaste réseau de partage des données. Comment cela pourrait-il affecter le respect de la vie privée?

7. RÉPERCUSSIONS POSSIBLES SUR LA MÉDECINE

LE SÉQUENÇAGE DE L'ADN DES PATIENTS MÈNERAIT À UNE MÉDECINE PERSONNALISÉE.

Les données de l'ADN aideront les professionnels de la santé à mieux déterminer quels traitements pharmacologiques sont efficaces et sécuritaires pour un patient en particulier, et à des définitions de posologie convenant au métabolisme des patients. Des essais de médicaments personnalisés effectués sur des cellules souches provenant du patient pourraient réduire le besoin de faire des essais de médicaments sur des animaux et des humains et possiblement identifier une plus grande variété de traitements possibles. À mesure que les marqueurs génétiques des maladies seront de plus en plus connus, l'ADN deviendra plus utile dans les diagnostics, de même que dans les

prédiagnostics, ce qui offre des profils de risques de troubles médicaux bien avant l'apparition des symptômes. Certaines maladies chroniques peuvent être prévenues ou même éradiquées grâce à des interventions prénatales, des traitements dès la naissance, ou possiblement de la thérapie génique.

Convergence de la technologie et l'avenir de la médecine (anglais seulement)



LA GÉNOMIQUE, LA NANOTECHNOLOGIE ET LA BIOLOGIE SYNTHÉTIQUE POURRAIENT CRÉER TOUTES DES SOLUTIONS DE PRÉVENTION. En plus des avantages de prédiction de la médecine personnalisée, les capteurs axés sur la nanotechnologie offrent une détection plus rapide (p. ex. en tenant compte de moins de cellules pour déceler le cancer). Ces capteurs seront associés à la thérapeutique afin de soutenir les interventions précoces, telles que la **théragnostique** (anglais seulement). La nanotechnologie et la biologie synthétique peuvent atténuer les inquiétudes au sujet de la résistance grandissante aux antibiotiques au moyen de solutions qui permettront de réduire la propagation des bactéries ou, plus efficacement, de détruire les bactéries. L'écllosion d'infection virale est déjà bien maîtrisée par l'analyse d'ADN individuels afin de détecter les agents pathogènes. À l'avenir, les capteurs et les dossiers électroniques faciliteront ce suivi, tandis que la biologie synthétique peut avoir un rôle dans la préparation de vaccins « juste à temps ».

LE CONTRÔLE DE LA SANTÉ DÉPASSERA LES CONDITIONS CLINIQUES, SE RAPPROCHANT DE VOUS. Les capteurs de santé apparaîtront plus fréquemment dans les éléments de la vie quotidienne, comme les téléphones cellulaires ou les toilettes, les objets portables (p. ex. les vêtements, les bijoux — même la peau); dans un « tricordeur » multifonctionnel (appareil de diagnostic portatif); ou comme une partie d'un « laboratoire-sur-puce » que les gens pourront bientôt garder dans leurs armoires à pharmacie. Le procédé d'auto-surveillance des indicateurs de la santé, de même que de surveillance des comportements sains et non sains, sera plus simple et plus systématique. Lorsque les données relatives aux diagnostics seront étendues à l'ensemble du réseau, que l'IA sera augmentée et transmise aux médecins, les soins offerts pendant vingt-quatre heures d'affilée dans les régions éloignées seront possibles. Les outils des interfaces cerveau-ordinateur apportent une plus grande sensibilisation aux états mentaux, la connexion entre le cerveau et le corps sous-jacente aux dépendances, aux maladies et aux traitements présentera de nouvelles options (p. ex. la neurostimulation, les médicaments améliorant le système nerveux, ou un changement de comportement tout simplement).

LA RÉGÉNÉRATION DES TISSUS ENDOMMAGÉS OU MALADES. Les listes d'attente des donneurs d'organes et le commerce d'organes sur le marché noir relèveraient du passé en ce qui concerne tous les organes, à l'exception des plus compliqués comme le cœur. La production ou l'impression tridimensionnelle d'organes à partir des cellules du patient permettra un rétablissement plus rapide sans rejet. Même la lésion d'un nerf peut devenir surmontable avec l'aide des interfaces cerveau-machine et des robots. Par conséquent, nous devrions nous attendre à ce que la frontière entre les capacités humaines naturelles et celles qui sont améliorées s'estompe.

ENJEUX DE POLITIQUES POSSIBLES :

- Pouvons-nous utiliser ces nouvelles technologies afin de concevoir des systèmes qui réduiraient les coûts des soins de santé publique?
- Quels changements sont nécessaires en ce qui concerne les institutions, les rôles et les responsabilités afin d'assurer la surveillance, la sécurité, l'équité, l'efficacité et la responsabilité?
- Comme certaines maladies peuvent désormais être évitées et de nouvelles méthodes de prolongation de la vie et des capacités sont adoptées, le point de vue des Canadiens relativement aux coûts, à l'accès et aux droits est susceptible d'être controversé.

8. L'INCIDENCE POTENTIELLE SUR LA SÉCURITÉ

CHANGEMENT DES CATÉGORIES DE RESSOURCES RARES ET DES SECTEURS À RISQUE. La rareté des ressources constitue une source possible de conflits. Les progrès dans la biologie synthétique pourraient réduire la pression sur certaines ressources naturelles rares en augmentant le niveau de sécurité énergétique, des matériaux et des sources de nourriture. De plus, de nouveaux minéraux, différents de ceux d'autrefois, pourraient être de plus en plus difficiles à trouver. Ainsi, les réserves de lithium pourraient subir de grandes pressions à mesure que la demande en piles augmentera. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) prévoit que la pénurie d'aliments et d'eau qui résultera des changements climatiques deviendra de plus en plus croissante et pourrait donner lieu à des conflits et à des déplacements de population. Si l'énergie solaire était moins chère, on pourrait diminuer le coût du dessalement de l'eau et, par conséquent, produire plus de nourriture et réduire le nombre de réfugiés climatiques, ou écoréfuégiés, qui sont forcés de quitter certaines régions agricoles sujettes aux sécheresses. On pourrait soutenir ces efforts en mettant au point la culture d'espèces plus résistantes et des techniques d'agriculture mieux adaptées reposant sur les nouvelles technologies.

EXPANSION DE LA GUERRE « À SOURCE OUVERTE ». Les systèmes d'armes et de surveillance « maison » seront vraisemblablement de plus en plus courants, créant de nouveaux genres de crimes et de conflits. Par exemple, le drone Switchblade actuellement disponible est létal à de courtes distances et peut être transporté dans un sac à dos. Les capteurs de dernière génération et les avancées de la robotique et de la nanotechnologie pourraient généraliser le recours aux capteurs à distance dans le cadre des activités de surveillance et de collecte du renseignement ainsi que pour faire la guerre. On s'attend à ce que les véhicules et appareils sans équipage, télépilotés ou autonomes, qui circulent dans les airs, sur terre et sur ou sous l'eau, deviennent de plus en plus répandus. Leur taille et leur prix iront en diminuant, et il sera plus facile de s'en procurer à l'avenir. Le libre accès aux connaissances pourrait se traduire par la multiplication un peu partout des capacités de cyberdéfense. De plus, les amateurs de bricolage pourraient exploiter les possibilités de la biologie synthétique pour produire et relâcher dans l'environnement des substances toxiques, que ce soit par accident ou de façon délibérée. Dans tous ces cas de figure, on constate qu'une technologie qui avait d'abord pour but de renforcer la sécurité risque de se transformer en menace. On entend par conséquent utiliser des nano-dispositifs et des nano-robots préprogrammés pour créer des réseaux de sécurité et des surfaces de détection capables de déceler les dangers comme les virus, les poisons et les armes nanotechnologiques.

[L'Armée de l'air américaine et les micro-drones](#) (anglais seulement)



DISPARITION DE L'ANONYMAT. Les gens seront de plus en plus suivis et surveillés par le truchement des nanocapteurs, biocapteurs, interfaces cerveau-ordinateur et dispositifs d'intelligence artificielle (IA). Les appareils intelligents pourront aisément repérer une personne à 10 cm près et suivre ses déplacements, ce qui permettra de tirer certaines conclusions au sujet de ses activités, comportements, interactions et relations. Il sera donc de plus en plus difficile pour quiconque de passer inaperçu, l'IA étant en mesure d'identifier les gens par leur visage et leur démarche, voire de prédire les traits comportementaux des personnes dépourvues d'appareils intelligents en étudiant ceux des gens qui en possèdent. Ces appareils serviront de plus en plus à repérer, authentifier et suivre les mouvements des denrées alimentaires, des biens et des matériaux à travers les chaînes de valeur. Une surveillance et un contrôle aussi rigoureux pourraient également contribuer à améliorer la santé publique, à mieux protéger l'environnement et à assurer une meilleure sécurité des personnes. Par exemple, dans les situations de crise, les capteurs, les dispositifs d'IA et les plateformes de dialogue machine-machine nous aideront probablement à localiser les gens et à définir leurs besoins. Parce que la question de la protection de la vie privée occupera une place centrale, il faudra repenser ce qu'est le juste équilibre entre bien commun et intérêts privés, entre liberté civile et liberté individuelle.

ENJEUX DE POLITIQUES POSSIBLES :

- Comment devons-nous nous préparer à l'arrivée massive de systèmes d'armes « maison » abordables et meurtriers?
- À mesure que les capteurs environnementaux et les systèmes de surveillance seront déployés à grande échelle, comment les nouvelles règles, les rôles et responsabilités se développeront entre les divers ordres de gouvernement, entreprises et organismes de surveillance non affiliés au gouvernement au moment de partager l'information face à une attaque biologique ou à un attentat terroriste?

9. L'INCIDENCE POTENTIELLE SUR LES MAISONS

LA MAISON EST L'ENDROIT OÙ EST LE « CERVEAU ». L'« Internet des objets » aura des répercussions considérables sur les maisons, mais le besoin de donner du sens à tous les renseignements générés en sera la priorité. Les maisons seront capables de combiner, d'interpréter et de transmettre les renseignements provenant de toute une gamme de nouveaux capteurs tapis dans les appareils, les installations et les accessoires, les renseignements allant des besoins précis et de la surveillance des locataires aux systèmes de diagnostic de base. L'intelligence artificielle (IA) et l'« Internet des objets » nous mèneront de l'ère des ordinateurs de maison à l'ère des « maisons ordinateurs ».

LES INTERACTIONS CHANGERONT. Les nouvelles technologies permettront aux activités domestiques traditionnelles de se tenir également de façon virtuelle. La gestion intégrée des données et des systèmes, étant possible grâce à l'IA et aux nouveaux matériaux, changera l'aspect des maisons. Il est probable que de nouvelles surfaces interactives apparaîtront dans les maisons et permettront aux occupants de surveiller et de gérer les systèmes domestiques et de communiquer avec d'autres occupants. Au fil du temps, au fur et à mesure que les technologies évolueront, les matériaux et accessoires de construction traditionnels seront remplacés par de nouveaux matériaux et accessoires qui seront intégrés avec des capteurs et une IA domestiques. Ces capteurs partageront des renseignements avec des téléphones et des véhicules intelligents, ce qui permettra aux occupants de gérer leur maison à distance.

COMMENT FAIRE LA PART DU PRIVÉ ET DU PUBLIC? En permettant la coordination avec des systèmes à l'extérieur des maisons, la frontière entre la sphère domestique et la sphère professionnelle, et entre public et privé continuera de s'estomper. Les systèmes domestiques qui se synchronisent avec des systèmes externes (tels que ceux qui sont utilisés au travail ou à l'école) permettront aux occupants de travailler, d'apprendre et de se détendre en un seul lieu. Toutefois, de tels systèmes, pourraient également se synchroniser avec le voisinage, les régions, les municipalités, les services publics et bien plus pour appuyer les prises de décisions au sujet de l'aménagement du terrain, des infrastructures, des résultats sur la santé et du développement.

LA CONSTRUCTION DE MAISONS IMPRIMÉES EN 3D. L'innovation dans la robotique, l'IA et les matériaux de construction changerait l'aspect et la construction des nouvelles maisons. L'avènement de l'impression tridimensionnelle à grande échelle signifie que les maisons pourraient être construites plus rapidement et à l'aide de matériaux dotés de nanotechnologies, les rendant ainsi plus forts et plus écoénergétiques qu'ils le sont maintenant. Cette innovation pourrait également se traduire par de plus faibles coûts et une plus grande flexibilité dans la conception des maisons et l'aménagement urbain.



La première maison imprimée en 3D au monde
(anglais seulement)



Pourquoi les maisons imprimées en 3D sont-elles importantes (anglais seulement)

LA MAISON AUTONOME. La tendance vers la décentralisation de l'énergie et d'autres infrastructures rendra les maisons plus autonomes, mais rendra le besoin de coordination des systèmes encore plus crucial. Les systèmes d'énergie distribuée permettront aux maisons d'alimenter le réseau et d'y puiser leur énergie, mais de telles innovations dépendront de l'évolution des secteurs de la production et du stockage de l'énergie. Libérées des contraintes des services urbains traditionnels, les nouvelles maisons pourraient proliférer dans des domaines bien au-delà du contrôle de l'urbanisme.

ENJEUX DE POLITIQUES POSSIBLES :

- Y aura-t-il des problèmes d'équité entre ceux qui sont en position de se munir des dernières technologies et ceux qui ne peuvent pas?
- Comment les renseignements recueillis par l'Internet des objets seront-ils utilisés? Qui devrait y avoir accès?
- Qui veillera à l'interopérabilité entre les systèmes? Comment les infrastructures devront-elles changer?

10. INCIDENCES POTENTIELLES SUR LE TRAVAIL

DES TRAVAILLEURS MOINS NOMBREUX, MAIS PLUS PRODUCTIFS. L'intelligence artificielle (IA), les capteurs, l'analyse de données et la robotique entraîneront des changements considérables dans de nombreux lieux de travail au Canada et à l'échelle internationale. Ces technologies transformeront de nombreux emplois faisant appel à des tâches physiques ou cognitives répétitives : l'IA s'occupera de plus en plus des procédés systématiques, tandis que les travailleurs pourront se concentrer librement sur les exceptions que l'IA ne peut pas traiter. En outre, l'IA et l'analyse de données augmenteront la productivité ainsi que la demande en compétences professionnelles non systématiques en recadrant notre manière de concevoir, de coordonner, de gérer, de fournir et d'évaluer les produits et les services. Les capteurs donneront aux employés une meilleure vue d'ensemble des processus qu'ils traitent, ce qui permettra de gagner en efficacité et d'accroître la satisfaction du client. La production en série de robots et de véhicules de livraison autonomes fera évoluer le déroulement, la cadence et la flexibilité du travail. Les conditions de travail et la sécurité professionnelle s'amélioreront considérablement pour les professions dangereuses, surtout par l'utilisation de capteurs, de drones et de robots dans des domaines tels que l'exploitation minière, le maintien de l'ordre et les missions de sauvetage.

PLUS D'EMPLOYÉS CONTRACTUELS ET À TEMPS PARTIEL. Comme cela a été signalé dans [MetaScan 2](#), de plus en plus de travailleurs seront probablement des travailleurs contractuels autonomes et à temps partiel dans la nouvelle « économie de projet ». Pour la durée d'un projet, ils pourraient travailler à partir d'un bureau, depuis leur domicile, dans un centre créatif ou dans un espace public. Des surfaces intelligentes permettront aux travailleurs de créer ou de partager un espace de travail partout tout en offrant les moyens virtuels de collaborer face à face ou entre groupes. Autant les travailleurs hautement qualifiés que les travailleurs peu spécialisés effectueront des tâches ou des travaux de durée variable pour plusieurs employeurs, par l'intermédiaire des médias sociaux et des applications de « microtâches ».

UN NOMBRE CROISSANT DE « TRAVAILLEURS VIRTUELS » INTERNATIONAUX. Les mêmes outils qui permettent aux Canadiens de travailler dans un café-restaurant les aideront aussi à devenir des « employés virtuels » pour des employeurs de pays étrangers. S'ils acquièrent les compétences appropriées, ils pourront faire leur preuve devant la concurrence internationale pour prendre en charge des tâches de courte durée, et même pour occuper des emplois à temps partiel ou à temps plein. Le système permettra aussi à des étrangers de soumissionner pour des tâches ou des emplois situés au Canada. La main d'œuvre deviendra de plus en plus internationale. On assiste à l'apparition de sites de recherche d'emploi qui aident à trouver du travail virtuel (tels que [freelancer.ca](#) (anglais seulement) ou [eLance.com](#) (anglais seulement)). Les systèmes d'établissement de la réputation (tel que le système d'évaluations de eBay) feront le suivi du rendement, des compétences et des aptitudes de chaque individu pour permettre aux employeurs virtuels de trouver rapidement des travailleurs compétents et dignes de confiance.

DE NOUVELLES STRUCTURES ORGANISATIONNELLES. Les nouvelles technologies, les nouvelles modalités de travail et d'autres facteurs de changement international produiront vraisemblablement de nouvelles sortes d'organisations. À titre d'exemple, il est possible d'imaginer l'avènement de

sociétés de services où tous les services seraient fournis par l'intermédiaire de l'IA et feraient intervenir de moins en moins d'employés. Un nombre grandissant d'entreprises modernes seront dotées d'une petite équipe de gestion qui donnera toutes ses fonctions à la sous-traitance sur l'ensemble du cycle de vie de ses produits. Il est possible que des travailleurs qualifiés détachés de toute organisation se joignent à des personnes aux compétences complémentaires pour créer des équipes informelles et temporaires de manière à saisir une occasion de travailler ensemble virtuellement pour fournir un bien ou un service.



L'avenir du travail

(anglais seulement)



La vision de 2019 selon Microsoft

(anglais seulement)

ENJEUX DE POLITIQUES POSSIBLES :

- Quels problèmes d'ordre social et d'équité surviendront si le nombre d'emplois traditionnels diminue?
- Existe-t-il des changements d'infrastructure, d'institution ou de politique qui offriront un avantage concurrentiel aux travailleurs virtuels?
- Quel est le rôle des gouvernements nationaux dans la réglementation et la surveillance du travail virtuel et des organismes virtuels temporaires?

ENJEUX DE POLITIQUES

LES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES POURRAIENT ÊTRE À L'ORIGINE DE NOUVEAUX ENJEUX DE POLITIQUES AU COURS DES 15 PROCHAINES ANNÉES

Qu'est-ce qu'un enjeu de politiques?

Un enjeu de politique est une question à laquelle les politiques ou les institutions existantes ne sont pas prêtes ni en mesure de faire face. L'identification, l'analyse, le débat

et la clarification se rapportant à un enjeu nous aident à élaborer une stratégie renforcée ainsi que la politique permettant de le gérer. La prospective contribue à cerner les enjeux de politiques qui se font jour.

LES EMPLOIS TEMPORAIRES DEVIENNENT LA NORME

En 2012, on estime que le nombre de Canadiens occupant un emploi temporaire – souvent à basse rémunération et doté de peu d'avantages – s'élevait à 13,6 % de la population active et augmente trois fois plus vite que les emplois traditionnels. Selon nos prévisions, au fur et à mesure que ces technologies évolueront, elles accroîtront la productivité, mais elles pourraient entraîner une augmentation des emplois à temps partiel, des contrats à court terme, des **microemplois** (anglais seulement) et du nombre de « travailleurs virtuels » étrangers (tel que décrit dans [MetaScan 2](#)). De nombreux observateurs ont décrit ces emplois comme étant précaires étant donné qu'ils n'offrent pas de sécurité d'emploi, de hauts revenus et de perfectionnement des compétences professionnelles. Comme les entreprises tentent de diminuer les coûts pour améliorer la compétitivité, le nombre d'emplois temporaires augmente. Devrions-nous trouver des moyens de rendre ces travailleurs plus productifs? Il est intéressant de constater que la classe créatrice à revenus élevés et les travailleurs temporaires à faibles revenus font face aux mêmes difficultés et ont des besoins similaires.

Le passage du Canada à une nation de travailleurs temporaires (anglais seulement)



- **Un nouveau contrat social?** Le contrat social du siècle dernier reposait sur le principe que le gouvernement, les milieux d'affaires et les travailleurs actifs contribuent aux programmes de sécurité sociale. Un nombre croissant d'employés sous contrat à courte durée et de pigistes ne font pas partie du pacte actuel. Étant donné que le travail à la pigne représente l'un des segments les plus évolutifs du marché du travail, le moment est sans doute venu d'explorer de nouvelles façons d'intégrer les pigistes au nouveau contrat social.
- **Le retour en force de la coopérativisation.** Une stratégie pour renouveler le contrat social consisterait à soutenir le « mutualisme ». Le [Freelancers Union](#) (anglais seulement) est le syndicat qui connaît la croissance la plus rapide aux États Unis. Ses membres se regroupent pour créer des institutions à vocation sociale au service de leurs besoins mutuels. Entre autres choses, le syndicat offre à ses membres [des services à prix abordable](#) (anglais seulement), notamment une assurance maladie. L'avènement du travail à la pigne fait écho au mouvement coopératif du Canada, dont les principes directeurs sont les avantages mutuels et la gouvernance démocratique. À une époque de restriction

budgétaire, l'avènement de vastes programmes gouvernementaux est moins probable. Existe-t-il des politiques et des institutions auto-organisatrices qui pourraient aider les pigistes à venir à bout de la variabilité de revenu?

- **De nouveaux instruments de politique publique.** Lors des dernières décennies, diverses propositions et expériences ont été mises en œuvre pour essayer de satisfaire les besoins essentiels de la population. Celles-ci comprennent notamment le revenu de base (une allocation de revenu inconditionnelle servant à faire face aux besoins essentiels); le revenu minimum garanti (une aide supplémentaire servant à combler la différence entre le revenu réel et un montant garanti); l'impôt négatif; l'emploi garanti et d'autres mesures connexes. Le **débat** (anglais seulement) continue. Le modèle de « flexicurité » du Danemark, qui combine la souplesse d'embauche et de licenciement avec un filet général de sécurité sociale, de même que d'autres politiques d'emploi, méritent une étude approfondie. Un aspect permanent qui sous-tend le débat est de savoir comment combler les besoins essentiels des personnes aux prises avec la transition économique tout en évitant les resquilleurs? L'IA et l'analyse de données applicables à un nouveau système adaptable de transfert de paiement pourraient aider à faire la distinction entre les resquilleurs, les travailleurs virtuels et les personnes qui acquièrent de nouvelles compétences. Ce système pourrait réduire la taille de la bureaucratie, les lourdeurs administratives ainsi que les dépenses pour les trois ordres de gouvernement tout en diminuant, le cas échéant, d'autres coûts indirects (tels que la pauvreté infantile, les problèmes de santé liés au stress et l'incapacité d'acquiescer de nouvelles compétences).

Le modèle de flexicurité (anglais seulement)



- **Moins d'emplois, moins de contribuables.** À mesure que les nouvelles technologies remplaceront les employés, le gouvernement aura de plus en plus de mal à redistribuer la richesse, du fait du tarissement de la source traditionnelle des paiements de transfert consécutif à la baisse du nombre de contribuables.

DE NOUVEAUX MODÈLES D'INÉGALITÉ

Les nouvelles technologies pourraient chambouler le consensus sur l'équité et l'égalité du traitement des citoyens. Les technologies peuvent donner de meilleures chances à certains, mais créer des barrières pour d'autres. Les questions de politique publique doivent tenir compte du moment opportun, de l'efficacité et du coût abordable.

- **Inégalité des revenus.** La mondialisation et les progrès technologiques ont permis la montée en puissance de ploutocrates, dont des magnats de la technologie, des banquiers, des chefs et des écrivains élevés au rang de grandes vedettes, tout en amenuisant les possibilités pour la classe moyenne, selon Chrystia Freeland (2013). Les nouvelles technologies peuvent influencer sur la répartition des revenus. Les économistes débattent de la question de savoir si la répartition des revenus forme un sablier ou une pyramide, mais dans un cas comme dans l'autre, l'écart entre riches et pauvres risque de s'agrandir, et les personnes sans qualification professionnelle en souffriront.

L'âge de la ploutocratie mondiale (anglais seulement)



- **Accès inégal.** Les technologies que nous adoptons peuvent, selon le cas, diminuer ou creuser le fossé de l'équité, en particulier dans le domaine de la santé. Certains blessés et handicapés bénéficieront de progrès dans des domaines comme l'ingénierie tissulaire, mais les coûts élevés de mise au point et d'application de ces traitements pourraient en limiter l'accès. À mesure que s'accroît notre compréhension du génome humain, il sera de plus en plus complexe de distinguer les améliorations nécessaires des améliorations optionnelles. L'information génétique mènera-t-elle à de nouvelles formes de discrimination? Dans un monde de médecine personnalisée, quels services de santé seront garantis?
- **L'accroissement de la stratification sociale.** Certaines des nouvelles technologies favoriseraient la stratification sociale. Les technologies émergentes de neurostimulation et la sélection génétique donneront des capacités cognitives supérieures à ceux qui peuvent se les offrir. L'accès à de puissantes IA et à des superordinateurs procurera des avantages décisifs sur les marchés financiers, et de nouveaux moyens de conserver les privilèges acquis, sous forme de capteurs. Une telle évolution pourrait mener à une plus grande stratification des individus et des groupes, non seulement en matière de richesse, mais aussi en ce qui touche à la nature d'un être humain.

LA FIN DE LA CONFIDENTIALITÉ

Les systèmes de collecte, d'utilisation et d'interprétation de données deviendront plus abordables, plus perfectionnés et plus rapides au cours des 15 prochaines années. Les progrès dans la localisation par détection donnent une idée de cette tendance. Google a récemment annoncé son but de développer, d'ici 2015, des téléphones intelligents capables d'une précision de localisation de 10 centimètres, avec une résolution suffisante pour détecter vos mouvements lorsque vous vous levez de votre bureau, répondez à un appel ou embrassez votre partenaire. D'ici 2028, un appareil aux capacités similaires à celle d'un téléphone intelligent actuel coûterait aussi peu que deux dollars à produire. À un tel prix, la détection sera presque omniprésente. La plupart des gens porteront un ou plusieurs outils capables de mesurer les bruits ambiants et la qualité de l'air et de déterminer le lieu. Les développeurs et les fournisseurs de services seront toujours à l'affût pour comprendre ce qui nous arrive, ce qui nous entoure, et où nous nous trouvons, ce qui améliorera les capacités des applications qui nous aideront dans notre vie quotidienne. L'identité de chacun deviendra de plus en plus facile à connaître. Aujourd'hui déjà, des puces électroniques retiennent notre identité et l'historique de nos achats; à l'avenir, la reconnaissance faciale et la reconnaissance de la démarche et des gestes aideront à identifier même les gens qui ne diffusent pas leur présence. Nos règles et nos normes actuelles de confidentialité sauront-elles survivre à la détection améliorée? La confidentialité est-elle le droit à la tranquillité, ou le droit d'empêcher les autres d'en apprendre sur soi?

- **Sommes-nous prêts pour la surveillance mutuelle?** Dans *The Transparent Society*, David Brin avance qu'en plus de la surveillance (la minorité qui surveille la majorité), le progrès technologique pourrait mener à un modèle pair-à-pair du nom de *sousveillance* (la majorité qui surveille une minorité). Une conséquence probable est qu'il sera de plus en plus difficile et coûteux de garder des activités ou des lieux secrets ou privés. Sommes-nous prêts à une telle révolution de l'ouverture?
- **Confidentialité individuelle contre bien commun.** Les conséquences négatives des changements entourant la vie privée sont accompagnées de grands avantages potentiels. Imaginons que votre état de santé, votre biométrie ou vos niveaux de protéine soient partagés anonymement lors de chacune de vos visites chez le docteur. En combinant ces données avec les informations génétiques des patients, les

chercheurs pourraient constituer un ensemble de données énorme et très précis dont l'étude pourrait aider à comprendre les tendances des maladies bactériennes et virales, la progression des maladies chroniques, les vulnérabilités génétiques, et l'efficacité d'interventions précises. Les avantages pour le système de santé seraient inestimables. Des avantages similaires seraient aussi possibles dans d'autres domaines. Comment peut-on structurer l'équilibre entre confidentialité et bien public à l'ère imminente des mégadonnées personnelles?

UNE INFRASTRUCTURE EN TRANSITION

L'infrastructure prend de nombreuses formes, entre autres le transport, les bâtiments, les services et la technologie des communications. Il est très probable que des infrastructures de toutes sortes soient influencées par les technologies de la présente étude prospective.

- **La croisée des chemins.** Le défi le plus important sera peut-être de décider s'il faut entretenir et mettre à jour l'infrastructure actuelle, ou au contraire, faire un grand bond en avant et investir dans une infrastructure toute neuve basée sur les nouvelles technologies. La technologie actuelle prend de l'âge, et le simple maintien du statu quo demande un investissement considérable; en bondissant vers l'avant, il serait possible de réduire les coûts, d'améliorer grandement les services et de bâtir un avantage concurrentiel.
- **Qui tient la caisse, qui paie?** La tendance actuelle à la décentralisation et à l'établissement de réseaux complique les questions d'horizon d'investissement, de financement, et de rendement du capital investi. Auparavant, les services publics et les gouvernements, dans le cadre de leur engagement à créer de la valeur publique, offraient des services d'infrastructure et les finançaient par les impôts et les redevances à l'utilisation des citoyens. Dans un avenir où la décentralisation domine (p. ex. dans le domaine de l'énergie), quelles politiques devront voir le jour pour appuyer l'évolution de nouveaux modèles de gestion des infrastructures?
- **La durée de vie n'est plus aussi longue.** Par le passé, beaucoup d'investissements dans l'infrastructure étaient censés durer des décennies, voire davantage. À mesure que les technologies évoluent, des initiatives qui soutiennent des approches échelonnées ou modulaires deviendront nécessaires pour mettre à niveau rapidement ou remplacer l'infrastructure vieillissante ou répondre aux exigences du public en matière de rendement, d'efficacité et de sécurité. La quête incessante de meilleures solutions en matière d'infrastructure, combinée au progrès scientifique vers des options plus efficaces et plus sûres, pourraient réduire l'horizon de certains investissements.
- **Innové, démontrer, tester.** Cette période de transition offrira de nombreuses possibilités d'expérimenter des approches diverses. Il arrive souvent que des institutions, des politiques ou des réglementations, et même des intérêts particuliers, fassent obstacle à l'innovation. Encourager l'expérimentation permettra de surmonter ces obstacles. On peut s'inspirer du mouvement des sources ouvertes pour trouver des moyens de faire fonctionner en système des innovations variées.

L'AVANTAGE CONCURRENTIEL SE TRANSFORME

Avec les technologies émergentes, il sera plus difficile d'obtenir et de conserver l'avantage concurrentiel dans la production de certains biens et services. La « bioproduction », par l'entremise de la biologie synthétique, rendra la production de certains types de biens plus facile et plus abordable. Ces technologies ont le potentiel de favoriser l'autosuffisance des pays en certains aliments, carburants et matériaux. Les nanomatériaux et les nanodispositifs avancés exigeront probablement une main-d'œuvre plus instruite et une production plus complexe, ce qui restreindra le nombre de concurrents qui utilisent ces technologies.

- **Un secteur des ressources plus équitable.** Le Canada exporte beaucoup de ressources naturelles. Devra-t-on revoir notre stratégie dans les dix ou vingt années à venir? Certains de nos clients auront recours à la biologie synthétique pour produire leurs propres carburants, leurs propres matières premières et leurs propres produits primaires. Il sera peut-être possible de remonter la chaîne d’approvisionnement et d’utiliser la biologie synthétique pour prétraiter les ressources naturelles, là où nous avons un avantage concurrentiel.
- **La gouvernance comme marque de commerce.** Dans un monde où la production par biologie synthétique ou impression 3D peut se faire dans des endroits plus variés, et où les courses à la technologie peuvent rapidement changer de direction, il pourrait s’avérer avantageux d’apposer des certifications de sécurité, de conception et de valeur ajoutée aux produits canadiens qui utilisent ces nouvelles technologies. Les organismes gouvernementaux, commerciaux, scientifiques et non gouvernementaux devront collaborer de manières inédites pour assurer des formes de production sécuritaires et responsables qui aideront le Canada à conserver une position concurrentielle.

RENFORCER LE SYSTÈME DE GESTION DU RISQUE

La gestion du risque est une approche qui permet aux gouvernements d’évaluer et de mettre en œuvre des politiques, des réglementations et des processus, voire des produits et des services dans certains cas, en vue de veiller au respect des normes de sécurité publique. Les approches actuelles de gestion du risque dépassent rarement le court et le moyen terme et ne portent généralement que sur les conséquences de premier et de second ordre. Or, la prospective permet de considérer systématiquement les avenir plausibles, ce qui aide à déceler les risques inattendus et de gagner du temps face aux défis futurs. Avec la prolifération des nouvelles technologies augmente la possibilité de conséquences imprévues; la population comptera sur les gouvernements pour les aider à se situer dans un environnement en constante évolution. Cela pose divers défis possibles.

- **Institutionnalisation du risque.** Par l’entremise d’instruments législatifs et des politiques, dont les évaluations et les régimes d’assurance, les gouvernements ont traditionnellement joué un rôle actif dans l’analyse et la gestion du risque. Les nouvelles technologies évoluent rapidement, et les modèles actuels d’évaluation et de réduction du risque seraient incapables de suivre. Que devrait essentiellement offrir le gouvernement en matière de gestion du risque? Quelle responsabilité auront les producteurs et les consommateurs pour connaître et gérer leurs propres risques? Le besoin de tout évaluer augmentera-t-il les coûts?

Le financement collaboratif sur Kickstarter de plantes lumineuses dépasse le cap des 250 000 \$ (anglais seulement)



Kickstarter interdit le financement de projets de biologie synthétique (anglais seulement)



- **Créer une culture scientifique et technologique.** Les expériences passées avec les aliments génétiquement modifiés et autres technologies émergentes ont démontré que l’adoption de nouvelles technologies peut comporter des dimensions sociales, politiques et émotionnelles imprévues. Au fil de l’évolution des nouvelles technologies, comment donnera-t-on aux décideurs et au public le niveau minimal de culture technologique pour comprendre les risques et les avantages?
- **Le risque transcende les frontières.** L’expérience démontre que les conséquences potentielles de la technologie ne s’arrêtent pas toujours aux frontières nationales. Des protocoles mondiaux ont été nécessaires pour contrer les graves effets transnationaux des substances et des pesticides chimiques

qui menaçaient la couche d'ozone. Les nouvelles technologies peuvent toujours apporter des défis de la sorte. Une surabondance de mesures nationales mal coordonnées face au risque potentiel pourrait-elle augmenter le risque de conséquences mondiales? Les mécanismes nationaux et internationaux actuels suffisent-ils à prévoir, à évaluer et à gérer de tels risques? Nous dirigeons-nous vers l'établissement d'un organisme international qui imposera des normes à tous les pays?

LA RÉGLEMENTATION DES SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE EN ÉVOLUTION RAPIDE

Le train du progrès scientifique et technologique ira probablement croissant, et la science et la technologie joueront sans doute un rôle de plus en plus important dans notre économie et notre vie. La sécurité des produits, la confiance du public et l'avantage concurrentiel dépendront de systèmes de testage et de réglementation efficaces et prompts.

- **Gérer les exceptions.** Les technologies émergentes créeront nombre de produits révolutionnaires, non couverts par les catégories et les pratiques de réglementation actuelles. Par exemple, la neurostimulation offerte directement au consommateur devrait-elle être réglementée à titre de dispositif médical, de substance, ou de produit de consommation? Peut-on créer un système sûr avec lequel on peut réviser les réglementations suffisamment rapidement pour faire face à des substances et des produits nouveaux et inattendus?
- **Renforcer la capacité scientifique.** Nous devons tenter de prévoir la direction que prendront la science et la technologie et nous assurer d'avoir les compétences appropriées et des méthodes d'essai novatrices. Une situation complexe qui pourrait demander notre attention est l'apparition de l'amateur doué, dans les domaines comme la biologie synthétique et l'impression 3D. Bien qu'il faille soutenir l'innovation, on pourrait requérir de nouvelles manières de surveiller ou d'informer les amateurs pour traiter les problèmes avant qu'ils ne quittent le laboratoire personnel.

LES NOTIONS TRADITIONNELLES DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE POURRAIENT DEVENIR DÉSUÈTES

L'institution de régimes de propriété intellectuelle (PI) par les gouvernements nationaux est censée créer des incitatifs économiques à la recherche et au développement qui, avec le temps, pourraient améliorer le bien-être de la société. Les nouvelles technologies peuvent contribuer à régler des problèmes mondiaux dans des domaines tels que les soins de santé, l'énergie et la sécurité. Or, des régimes de PI rigides et non uniformes d'un pays à l'autre permettraient à des détenteurs de PI d'entraver l'innovation, de limiter le rythme du développement, d'empêcher l'entrée de nouveaux arrivants et même de menacer les relations internationales.

- **Source ouverte contre protection conférée par un brevet.** La collaboration en source ouverte semble appropriée et efficace lors des premières étapes du développement des nouvelles technologies. Linux, Firefox et Android comptent parmi les remarquables succès des dix dernières années dans les sources ouvertes. Le modèle est également en voie d'adoption dans le secteur des nouvelles technologies décrites ici, dont le service de prototypage d'impression 3D de FabLab et les « BrioBricks » à source ouverte dans le domaine de la biologie synthétique. De telles approches ont pour but de soutenir la recherche ouverte et éthique pour favoriser l'amélioration cumulative et soutenir des résultats qui pourraient profiter aux gens

et à la planète. Cependant, elles divergent de la stratégie d'affaires traditionnelle consistant à dépendre de portefeuilles de brevets pour assurer la rentabilité des entreprises. D'un côté, il reste des incertitudes relatives à la façon de tirer des profits stables de la technologie à source ouverte. D'un autre côté, une forte protection de la propriété intellectuelle est perçue comme une entrave à l'innovation et un facteur de hausse du coût de la technologie dans le secteur de la haute technologie. Où se trouve l'équilibre entre la protection de la propriété intellectuelle et la promotion d'un progrès et d'une collaboration plus rapides? Qui investira dans la recherche et le développement de produits importants qui pourraient ne pas bénéficier de la protection d'un brevet ni être commercialisés au sens traditionnel? Que devons-nous savoir pour mieux comprendre les incitatifs à l'arrivée de nouveaux venus dans un environnement à source ouverte? Quel rôle jouent les investisseurs individuels, les marchés financiers et les gouvernements dans un régime de PI pour les sources ouvertes? Certaines phases du développement de nouvelles technologies ou d'écosystèmes d'innovation requièrent-elles des régimes de PI différents?

- **L'application des droits de PI en cause.** Avec ou sans un régime de PI clair et strictement imposé, le piratage demeurera un facteur. Les technologies émergentes seront elles-mêmes piratées et faciliteront le piratage. Par exemple, les scanners 3D traduisent des produits tangibles en données, lesquels peuvent être imprimés en 3D ou modifiés. Étant donné les progrès dans la science des matériaux, il deviendrait possible de dupliquer une large gamme de biens chez soi, ce qui favoriserait la contrefaçon et toucherait l'industrie de la fabrication. Comment des industries diverses réagiront-elles à la perte du contrôle unilatéral qui accompagne les technologies de duplication? Quel doit être le rôle des gouvernements nationaux pour protéger la PI? Criminaliser la violation de la PI est-elle la seule approche?

EXPLORER DE NOUVELLES APPROCHES À LA PRODUCTIVITÉ ET À L'INNOVATION

Les technologies émergentes décrites dans la présente étude témoignent du rôle moteur de l'innovation dans l'économie. Le capital humain, les politiques gouvernementales, les acteurs sociétaux de tous les secteurs et l'infrastructure physique sont des éléments majeurs d'un système d'innovation. Comment peut-on remodeler des systèmes sociétaux en vue de maximiser l'innovation?

- **Mesure de la productivité dans une économie numérique.** L'une des surprises majeures de l'ère numérique a été le grand pouvoir amplificateur de la technologie sur la productivité; avec les améliorations prévues en intelligence artificielle et en robotique, cet effet multiplicateur ira en s'accroissant. De nouvelles mesures aideraient à faire la part des gains de productivité dus aux facteurs technologiques et de ceux dus aux facteurs individuels, de même que de leur

TRAITS DE COMPORTEMENT QUI FAVORISENT L'INNOVATION ET LA PRODUCTIVITÉ

- Esprit inquisiteur
- Prendre des risques
- Ouverture à la critique
- Curiosité
- Exploration
- Créativité et jeu
- Désir de résoudre des problèmes
- Proactivité
- Autonomie personnelle et initiative
- Persévérance
- Orientation à long terme et capacité à remettre sa satisfaction à plus tard

Source: *Characteristics & Behaviours of Innovative People in Organizations*. Patterson et al.

interaction. Des mesures de productivité qui nous aident à comprendre les compétences requises dans une économie axée sur l'innovation nous permettront de développer ces compétences.

- **Approches de l'innovation au niveau individuel.** La recherche sur l'innovation démontre que ce qui rend une personne innovatrice, c'est la conjonction de connaissances acquises et de traits de caractère individuels, au sens large, tels que la capacité cognitive, la personnalité, le comportement, la motivation et l'émotion. Il est possible d'intervenir pour développer certains de ces traits (voir boîte de texte à la page précédente), contrairement à d'autres. Pouvons-nous favoriser le potentiel d'innovation au Canada grâce à des interventions systématiques pour encourager ces traits? Par exemple, on gagnerait à inculquer des compétences orientées vers l'innovation, comme la résolution de problèmes en alternant entre des phases de « génération » et d'« exploration », la cartographie de systèmes, l'autoévaluation constructive, et de l'expérience avec des outils favorisant l'innovation.
- **Approches à l'innovation au niveau des entreprises.** Les environnements qui systématisent les activités créatrices et favorisent le goût du risque et l'expérimentation sont des foyers d'innovation. Une structure organisationnelle décentralisée, une vision et une culture partagées et des meneurs et des gestionnaires flexibles et positifs contribuent tous au potentiel d'innovation du personnel. Apprendre aux leaders à favoriser l'innovation et à établir des environnements de création coopérative augmenterait grandement les effets des contributions au niveau individuel. Une entreprise innovatrice se doit de devenir intrinsèquement mondiale et de mettre de l'avant l'embauche et d'éviter le départ des employés innovateurs. De quelles stratégies avons-nous besoin pour soutenir l'innovation à tous les niveaux de la société?



Politique intelligente : Bâtir une économie fondée sur l'innovation
(anglais seulement)



Soutenir un écosystème de l'innovation pour renforcer la compétitivité du Canada
(anglais seulement)



Caractéristiques et comportements des personnes dotées d'un esprit novateur dans les organisations
(anglais seulement)

HYPOTHÈSES CRÉDIBLES

Comment utilise-t-on les hypothèses?

Le processus d'Horizons s'intéresse à deux types d'hypothèse. Au début du processus, on tente de déterminer quelles « hypothèses actuelles » sous-tendent les politiques et le dialogue actuels. À la fin du processus, on compare ces hypothèses aux résultats de l'étude pour établir des « hypothèses crédibles » qui paraissent solidement fondées pour une large gamme d'avenirs possibles. Les hypothèses retenues par le test peuvent servir à éclairer la recherche, la prise de décisions et l'élaboration de politiques et de programmes tournés vers l'avenir.

HYPOTHÈSES COURANTES EN 2013	HYPOTHÈSES CRÉDIBLES À L'AVENIR
Les progrès technologiques sont perturbateurs. Nous nous adapterons lorsque les choses se seront stabilisées.	Nous traversons une période de transition. Le changement apporté par la technologie s'accéléra avec l'interaction des technologies décrites dans cette étude. Les gens et les institutions sous-estiment le train du changement et ne s'y préparent donc pas adéquatement.
La plupart des changements technologiques sont des progrès graduels dans les technologies de l'information et les communications.	La fabrication, les services et les ressources naturelles seront tous touchés par les nouvelles technologies. La révolution numérique (intelligence artificielle (IA), capteurs, analyse de données) est très avancée et influe à présent sur tous les secteurs de l'économie. Les domaines de la biotechnologie, de la nanotechnologie et de l'énergie devraient avoir d'énormes répercussions d'ici 5 à 15 ans. De même, les technologies de la neuroscience pourraient amener de grandes surprises lors de la même période.
Le redressement de l'économie apportera plus d'emplois à temps plein, bien payés et ouvrant droit à pension.	Les nouvelles technologies permettront de produire plus avec moins d'employés. Les emplois atypiques et le travail sur des projets deviendront probablement plus communs, mais ne seront pas nécessairement précaires. Poussée par la technologie, la logique du marché crée une classe de travailleurs contractuels à temps partiel qui ne profitent pas d'avantages sociaux. Ils sont essentiels au fonctionnement d'une économie compétitive fondée sur les projets. La créativité sera de mise pour encourager l'innovation, reconnaître leur contribution et partager les risques. Il existe plusieurs options pour créer un nouveau contrat social.

Le Canada est un lieu attrayant pour les travailleurs qualifiés.

Il faudra de la vision et de la coopération à tous les niveaux du gouvernement pour attirer, retenir et former des travailleurs qualifiés, en particulier la « classe créative ». La classe créative et les employés de projets sont des moteurs de l'économie émergente et des groupes d'emploi qui possède un potentiel de croissance. Leurs besoins sont similaires. Une manière de les attirer, de les retenir et de les habiliter semble être de coopérer d'un gouvernement à l'autre pour faire des villes des foyers d'innovation, établir des soins de santé, un système d'éducation et une infrastructure dernier cri, et élaborer des politiques favorables.

Il faut des milliards de dollars pour réparer et entretenir les infrastructures vieillissantes, et les agrandir fait grimper encore davantage la facture.

Les nouvelles technologies peuvent offrir des possibilités de passer directement à la génération suivante d'infrastructure et de réaliser des économies à long terme. Dans des secteurs comme les transports, l'énergie et les soins de santé, explorer systématiquement et proactivement le plein potentiel des nouvelles technologies pourrait permettre d'éviter d'investir dans des infrastructures à la fois coûteuses et bientôt désuètes, tout en améliorant les services à un coût moindre. Les pays qui passent directement de l'ancienne à la nouvelle génération d'infrastructure peuvent y avoir un avantage concurrentiel.

L'économie nationale est importante. Un solide cadre de politiques (politique budgétaire et monétaire responsable, promotion de la productivité, de l'investissement et du commerce) est un outil clé pour naviguer dans une économie mondiale turbulente.

L'économie mondiale est de plus en plus réseautée, intégrée et interdépendante. Il faut moderniser notre trousse d'outils stratégiques et nos institutions. La coopération internationale est nécessaire pour gérer une économie réseautée à l'échelle mondiale, de nouveaux défis relatifs à la sécurité, aux infrastructures et aux réglementations, des travailleurs virtuels mobiles et la réinvention des programmes de soins de santé et de soutien du revenu. Les instruments nationaux traditionnels seront inefficaces face aux systèmes mondiaux qui font surface. Certaines politiques nationales pourraient entraver la croissance si elles ne s'harmonisent pas avec les économies développées et émergentes majeures. Or, la coopération internationale qui implique d'harmoniser les intérêts et de partager la souveraineté est connue pour être difficile. Moderniser le cadre des politiques sera probablement un exercice graduel et expérimental, qui se fera probablement en dehors des institutions internationales actuelles.

Les régimes de propriété intellectuelle (PI) et de recherche et développement actuels favorisent un développement efficace.

Chaque stade du développement d'une nouvelle technologie peut bénéficier d'un écosystème mondial en évolution qui permet des échanges d'informations, du développement coopératif, des incitatifs, de la surveillance et de la protection de la PI et qui veille à l'équilibre entre bien public et intérêts privés. À l'heure actuelle, les entreprises s'affrontent en cour et on perçoit le bien public à long terme comme étant représenté par l'orientation des marchés. Les nouvelles technologies d'aujourd'hui se développeront pendant des décennies. Permettre à des entreprises privées de restreindre ou de contrôler de grandes parties de cette évolution à leur propre avantage dès la naissance d'une nouvelle technologie n'est peut-être pas dans notre intérêt à long terme. Dans de nombreux domaines, la meilleure protection contre le piratage consiste à donner aux gens ce qu'ils veulent, et ce, à un prix abordable.

RÉFÉRENCES

TOUS LES LIENS ÉTAIENT VALIDES À LA DATE DE PUBLICATION

- « 3D Revolution : The Future of Small Business Manufacturing OPEN Forum. » Vidéo sur YouTube. MSNBC. 19 mai 2013.
<http://www.youtube.com/watch?v=62oFiwJXxnE> (anglais seulement)
- « Artificial Intelligence. » Département d'informatique, Université de Toronto. Non daté.
<http://web.cs.toronto.edu/research/areas/ai.htm> (anglais seulement)
- « Australia's BHP to introduce robot mining trucks. » Vidéo sur *The Globe and Mail*. 2012.
<http://www.theglobeandmail.com/report-on-business/video/video-australias-bhp-to-introduce-robot-mining-trucks/article4809072/> (anglais seulement)
- « Autodesk's Carl Bass on using technology to solve civilization's problems : The future is now. » Vidéo sur YouTube. Autodesk. 5 novembre 2013.
<http://www.youtube.com/watch?v=E0VjJCDR50A> (anglais seulement)
- « Cancer Nanotechnology Plan. » National Cancer Institute. 2010.
<http://nano.cancer.gov/about/plan/> (anglais seulement)
- « Étude sur le sous-secteur de la nanotechnologie : l'évolution de l'industrie canadienne de la nanotechnologie et ses conséquences futures sur la main-d'œuvre des TIC. » 2011. Conseil des technologies de l'information et des communications.
http://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2012/06/ICTC_NanoTechExecSummary_FR_06-11.pdf
- « Global Directory of Biobanks, Tissue Banks et Biorepositories. » SpecimenCentral.com.
<http://specimencentral.com/biobank-directory.aspx> (anglais seulement)
- « Google Glass: video user guide released. » Vidéo sur theguardian.com. 1er mai 2013.
<http://www.theguardian.com/technology/video/2013/may/01/google-glass-user-guide-released-video> (anglais seulement)
- « Hang on a minute. » Science Museum.
<http://www.sciencemuseum.org.uk/antenna/nano/lifestyle/146.asp> (anglais seulement)
- « Harvard study uses brain-to-brain interface to move a rat's tail. » Vidéo YouTube. 4 avril 2013.
<http://www.youtube.com/watch?v=VaJjHgyHnEc> (anglais seulement)
- « Micro Air Vehicles buglike drones. » Vidéo sur YouTube. General Dynamics pour le US Air Force Research Laboratory. 19 octobre 2009.
<http://www.youtube.com/watch?v=UCZCQOg-zKs> (anglais seulement)
- « Microsoft vision for the future of technology in health. » Vidéo sur YouTube. Microsoft. 24 mars 2009.
<http://www.youtube.com/watch?v=jt8JqVdaTqI> (anglais seulement)

« Nanotechnologie, où en sommes-nous? » Juillet 2008.

<http://www.reptox.csst.qc.ca/Documents/PlusEncore/Nanotech/Pdf/capsuleNANO.pdf>

« Neurosolutions frequently asked questions. » NeroDimension Inc. 2013.

<http://www.neurosolutions.com/products/ns/faq.html> (anglais seulement)

« Petit et différent : perspective scientifique sur les défis réglementaires du monde nanométrique, Rapport du comité d'experts sur les nanotechnologies. » Council of Canadian Academies/Conseil des académies canadiennes.

<http://sciencepourlepublic.ca/fr/assessments/completed/nanotechnology.aspx>

« Printing Australia's largest solar cells. » CSIRO. 16 mai 2013.

<http://www.csiro.au/Portals/Media/Printing-Australias-largest-solar-cells.aspx> (anglais seulement)

« Renewable energy for America. » Natural Resources Defense Council. Non daté.

<http://www.nrdc.org/energy/renewables/wind.asp> (anglais seulement)

« Renforcer la résilience en vue de la transition vers une économie numérique et une société en réseau. » Horizons de politiques Canada. 2012.

<http://www.horizons.gc.ca/fra/contenu/renforcer-la-r%C3%A9silience-en-vue-de-la-transition-vers-une-%C3%A9conomie-num%C3%A9rique-et-une-soci%C3%A9t%C3%A9-en-r%C3%A9seau>

« Roadmaps in nanomedicine. Towards 2020. » 2009. Joint European Commission. Platform Nanomedicine. Rapport d'experts 2009.

http://www.etpn-nanomedicine.eu/public/press-documents/publications/etpn-publications/091022_ETPN_Report_2009.pdf (anglais seulement)

« Smart elevators to get you there faster. » CBC News. 22 mars 2013.

<http://www.cbc.ca/news/technology/story/2013/03/22/tech-schindler-responsive-elevator.html> (anglais seulement)

« Sustainability, benefits to the community and ethics in the assessment of genetically modified organisms. » Le Norwegian Biotechnology Advisory Board. 2009.

http://cahln-rctlsa.com/uploads/2/7/7/9/2779116/1130_mon_renwick.pdf (anglais seulement)

« Switchblade Drone soon to be used by federal police all across America. » Aerovironment. 15 janvier 2012.

<http://www.youtube.com/watch?v=-dgvBb5ke-E> (anglais seulement)

« Synthetic beef hamburger tastes 'close to meat.' » Vidéo sur Theguardian.com. 5 août 2013.

<http://www.theguardian.com/science/video/2013/aug/05/synthetic-beef-hamburger-tastes-meat-video> (anglais seulement)

« Synthetic biology explained: Putting the engineering back into genetic engineering. » Vidéo YouTube. Bridge8. 9 août 2011.

<http://www.youtube.com/watch?v=rD5uNAMbDaQ> (anglais seulement)

« Technology and innovation futures: UK growth opportunities for the 2020s. » Government Office for Science, Government of the UK. 2012.

<http://protohub.net/technology-and-innovation-uk-growth-opportunities-for-the-2020s-2012-refresh/> (anglais seulement)

« Technology innovation. » NBC News.

<http://www.nbcnews.com/technology/topic/innovation/> (anglais seulement)

« The Cancer Genome Atlas: Understanding genomics to improve cancer care. » National Cancer Institute.

<http://cancergenome.nih.gov/> (anglais seulement)

« The future of oil. » *The Economist*. 3 août 2013, p. 20-22.

<http://www.economist.com/news/leaders/21582516-worlds-thirst-oil-could-be-nearing-peak-bad-news-producers-excellent> (anglais seulement)

« The future of work. » PSFK Labs. 2013.

<http://www.slideshare.net/PSFK/psfk-presents-future-of-work-report?ref=http://www.psfk.com/publishing/future-of-work> (anglais seulement)

« The Precariat: The new dangerous class. » Vidéo YouTube. Série de séminaires de l'UNRISD. Septembre 2011.

<http://www.youtube.com/watch?v=PYoaV6f78wM> (anglais seulement)

« Tracking the business of robotics. » *The Robot Report*. 27 août 2013.

<http://www.therobotreport.com/> (anglais seulement)

« UK Bioinformatics: Current landscapes and future horizons. » Department of Trade Industry, gouvernement du Royaume-Uni. 2002.

<http://www.cric.ac.uk/cric/projects/bioinformatics/pdfs/report.pdf> (anglais seulement)

Amonix Inc. « Amonix achieves world record 35.9% module efficiency rating at NREL, » communiqué de presse. 20 août 2013.

<http://amonix.com/pressreleases/amonix-achieves-world-record-359-module-efficiency-rating-nrel-4> (anglais seulement)

Andersen, Torben M., et autres. 2011. « The Danish flexicurity model in the Great Recession. » *Vox*. 8 avril 2013.

<http://www.voxeu.org/article/flexicurity-danish-labour-market-model-great-recession> (anglais seulement)

Anderssen, Erin. 2013. « As more women become bigger breadwinners, the news isn't all good. » *The Globe and Mail*. 29 mai 2013.

<http://www.theglobeandmail.com/life/the-hot-button/as-more-women-become-bigger-breadwinners-the-news-isnt-all-good/article12247901/> (anglais seulement)

Anthony, Sebastian. 2013. « MIT shows off huge solar cell efficiency boost by throwing nanowires into the mix. » *ExtremeTech*. 26 mars 2013.

<http://www.extremetech.com/extreme/151605-mit-shows-off-huge-solar-cell-efficiency-boost-by-throwing-nanowires-into-the-mix> (anglais seulement)

Bostrom, Nick et Eliezer Yudkowsky. *Bientôt disponible* (ébauche de 2011). « The ethics of artificial intelligence, » dans William Ramsey et Keith Frankish (eds.), *Cambridge Handbook of Artificial Intelligence*. Cambridge : Cambridge University Press.

<http://www.nickbostrom.com/ethics/artificial-intelligence.pdf> (anglais seulement)

Bullis, Kevin. 2013. « A Material That Could Make Solar Power 'Dirt Cheap.' » *MIT Technology Review*. 8

août 2013.

<http://www.technologyreview.com/news/517811/a-material-that-could-make-solar-power-dirt-cheap/>

(anglais seulement)

Cantley, Mark. 2007. « The bioeconomy to 2030 : Designing a policy agenda. » International Futures Project. OCDE.

<http://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicyagenda.htm>

(anglais seulement)

Ceallaigh, John. 2013. « The world's first 3D printed house. » *The Telegraph*. 10 juin 2013.

<http://www.telegraph.co.uk/travel/ultratransport/the-next-big-thing/10110195/The-worlds-first-3D-printed-house.html> (anglais seulement)

Cortes, Ulises et autres. Non daté. « e-Tools: The use of assistive technologies to enhance disabled and senior citizens' autonomy. » Université de Barcelone.

http://www.maia.ub.edu/~maite/papers/etools_EULAT.pdf (anglais seulement)

Deutsche Bank. 2010. « The end of the Oil Age : 2011 and beyond. » *Global Markets Research*. 22 décembre 2010.

<http://bioage.typepad.com/files/1223fm-05.pdf> (anglais seulement)

Element Energy. 2012. *Cost and performance of EV batteries : Final report for the Committee on Climate Change*. Cambridge. 21 mars 2012.

http://www.element-energy.co.uk/wordpress/wp-content/uploads/2012/06/CCC-battery-cost_-_Element-Energy-report_March2012_Finalbis.pdf (anglais seulement)

Ellzey, Curtis. 2008. « Microalgae bioreactor. » Vidéo sur Engineering TV. 24 avril 2008.

<http://www.engineeringtv.com/video/Microalgae-Bioreactors> (anglais seulement)

Elsässer, Markus. 2013. « As solar costs drop, energy storage solutions take center stage. » *Renewable Energy World.com*. 24 juillet 2013.

<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2013/07/as-solar-costs-drop-energy-storage-solutions-take-center-stage> (anglais seulement)

Freeland, Chrystia. « The age of global plutocracy. » Vidéo sur TEDGlobal. 12 juin 2013.

<http://blog.ted.com/2013/06/12/the-age-of-global-plutocracy-chrystia-freeland-at-tedglobal-2013/>

(anglais seulement)

Gonzalez, Robert. 2013. « This new discovery will finally allow us to build biological computers. » *i09.com*.

<http://io9.com/this-new-discovery-will-finally-allow-us-to-build-biolo-462867996> (anglais seulement)

Grant, Tavia. 2013. « Canada's shift to a nation of temporary workers. » *The Globe and Mail*. 8 mai 2013.

<http://www.theglobeandmail.com/report-on-business/economy/jobs/canadas-shift-to-a-nation-of-temporary-workers/article11721139/> (anglais seulement)

Hautmann, Daniel. 2013. « Nordic countries fight ice with nanotech. » *New Energy*. 8 mars 2013.

<http://www.newenergy.info/knowledge/technology/nordic-countries-fight-ice-with-nanotech>

(anglais seulement)

Hensley, Russell, John Newman, et Matt Rogers. 2012. « Battery technology charges ahead. » McKinsey & Company. Juillet 2012.

http://www.mckinsey.com/insights/energy_resources_materials/battery_technology_charges_ahead (anglais seulement)

Hollister, Sean. 2010. « DoE forecasts far cheaper, lighter, longer-lasting EV batteries by 2015. » Engadget.com. 22 juillet 2010.

<http://www.engadget.com/2010/07/22/doe-forecasts-far-cheaper-lighter-longer-lasting-ev-batteries/> (anglais seulement)

Horowitz, Sara. 2013. « Welcome to the micro-gig : No job is too small. » *The Atlantic*. 10 avril 2013.

<http://www.theatlantic.com/business/archive/2013/04/welcome-to-the-micro-gig-no-job-is-too-small/274843/> (anglais seulement)

Jay, Paul. 2007. « Human-machine relations: Warning robots ahead. » CBC. 16 juillet 2007.

<http://www.cbc.ca/news2/background/tech/robotics/robot-warn.html> (anglais seulement)

Joint Center for Energy Storage Research. 2010. « The national mission. »

<http://www.jcesr.org/research/the-national-need/> (anglais seulement)

Lasserwasser, Christoph (ed.) Non daté. « Small sizes that matter : Opportunities and risks of nanotechnologies. » OECD International Futures Program and Allianz AG.

<http://ethics.iit.edu/NanoEthicsBank/node/1370> (anglais seulement)

Loos, Marcio R., et autres. Non daté. « World's first carbon nanotube reinforced polyurethane wind blades. » Case Western Reserve University.

<http://engineering.case.edu/amac/news/Carbon-Nanotube-Reinforced> (anglais seulement)

Luca, Thierry. « Autodesk se met à la biologie. » L'usine digitale. Le mardi 9 juillet 2013.

<http://www.usine-digitale.fr/article/autodesk-se-met-a-la-biologie.N200985> (anglais seulement)

Luzar, Charles. 2013. « Kickstarter bans GMOs in wake of glowing plant campaign. » *Crowdfund Insider*. 3 août 2013.

<http://www.crowdfundinsider.com/2013/08/20031-kickstarter-bans-gmos-in-wake-of-glowing-plant-fiasco/> (anglais seulement)

Luzar, Charles. 2013. « Kickstarter funding from glowing plants crosses \$250,000. » *Crowdfund Insider*. 8 mai 2013.

<http://www.crowdfundinsider.com/2013/05/15091-kickstarter-for-glowing-bioluminescent-plants-crosses-250k/> (anglais seulement)

Meador, Michael A., et autres. 2010. « Draft nanotechnology roadmap. » National Aeronautics and Space Administration.

http://www.nasa.gov/pdf/501325main_TA10-Nanotech-DRAFT-Nov2010-A.pdf (anglais seulement)

MNT Network. Non daté. « Nanotechnology for more efficient wind energy. »

<http://www.nano.org.uk/members/MembersReports/WindPower.pdf> (anglais seulement)

Nanotechnology now: Your gateway to everything nanotech.

<http://www.nanotech-now.com> (anglais seulement)

National Nanotechnology Initiative.

<http://www.nano.gov/> (anglais seulement)

NBC News.com. 2011. « Need superfast, cheap DNA? Try the 'printer': Chip process could have broad implications for drug making, genetic cloning. » *Innovation on NBC News.com*. 1er juin 2011.

http://www.nbcnews.com/id/43241170/ns/technology_and_science-innovation/t/need-superfast-cheap-dna-try-printer/ (anglais seulement)

NewComb, Doug. 2013. « What it's like to ride in a self-driving car. » Vidéo sur *Wired*. 7 février 2013.

<http://www.wired.com/autopia/2013/02/continental-autonomous-vehicle/> (anglais seulement)

Nye, Jeanne, Andrew Greenberg, et Angela Jones. Non daté. « Nanotechnology in transportation. »

<http://ice.chem.wisc.edu/NanoDecisions/PDF/Transportation.pdf> (anglais seulement)

Ostiguy, C. 2007. « Nanotechnologie : vers la prochaine réunion industrielle. » *Travail et santé*. Vol. 23, no 4. p. 11-14.

Ostiguy, C. et autres. 2006. *Les nanoparticules : connaissances actuelles sur les risques et les mesures de prévention en santé et en sécurité du travail*. Studies and Research Projects Report. Montréal : l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

<http://www.irsst.qc.ca/>

Ostiguy, C. et autres. 2008. *Les effets à la santé reliés aux nanoparticules*. Studies and Research Projects Report. Montréal : l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

<http://www.irsst.qc.ca/>

Parkinson, Giles. 2013. « Citigroup: How solar module prices could fall to 25c/watt. » *REnew Economy*. 1er avril 2013.

<http://reneweconomy.com.au/2013/citigroup-how-solar-module-prices-could-fall-to-25cwatt-41384> (anglais seulement)

Patterson, Fiona, et autres. « Characteristics and Behaviours of Innovative People in Organisations. » *Revue de la littérature*. NESTA Policy Research Unit. Royaume-Uni : Londres.

<http://www.nesta.org.uk/publications/characteristics-and-behaviours-innovative-people-organisations> (anglais seulement)

Psarakis, Cynthia (ed). 2013. *The Robot Kingdom* (magazine hors série). *Science Illustrated*. Mars/avril 2013.

<http://www.amazon.com/Science-Illustrated-March-April-Kingdom/dp/B00CGC2ZFS> (anglais seulement)

Renwick, Shane. 2011. « ForeCan: Foresight for Canadian animal health. » ACIA/RCTLSA.

http://cahln-rctlsa.com/uploads/2/7/7/9/2779116/1130_mon_renwick.pdf (anglais seulement)

Rocky Mountain Institute. 2013. « Solar PV balance of system. »

<http://www.rmi.org/rmi/SolarPVBOS> (anglais seulement)

Roco, Michail C., Chad A. Mirkin, et Mark C. Hersam. 2010. « Nanotechnology research directions for societal needs in 2020 retrospective and outlook. » *Science Policy Reports*. Boston et Berlin : Springer.

<http://www.wtec.org/nano2/> (anglais seulement)

Saenz, Aaron. « Japanese robot picks only the ripest strawberries. » Vidéo sur Singularity Hub, 4 décembre 2010.

<http://singularityhub.com/2010/12/04/japans-robot-picks-only-the-ripest-strawberries-video/>

(anglais seulement)

Shierholz, Heidi. 2013. « The wrong route to equality – men’s declining wages. » Economic Policy Institute. 12 juin 2013.

<http://www.epi.org/publication/wrong-route-equality-mens-declining-wages/> (anglais seulement)

Sorensen, Chris. 2012. « End of the job: A world of freelancers and contract workers may be good for business, but bad for the economy. » *MacLean’s*. 20 janvier 2012.

<http://www2.macleans.ca/2012/01/20/the-end-of-the-job/> (anglais seulement)

Steadman, Ian. « The race to build the first 3D-printed building. » *Wired*. 4 juin 2013.

<http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-06/04/architecture-and-3d-printing> (anglais seulement)

Stewart, Jon. 2012. « Robot racing car aims for pole position. » *Hyperdrive*. 2 novembre 2012.

<http://www.bbc.com/future/story/20121102-robot-car-aims-for-pole-position> (anglais seulement)

Tate, Ryan. 2013. « Meet the common man’s robot: Headless and adorable. » *Wired*. 27 février 2013.

<http://www.wired.com/business/2013/02/common-mans-robot/> (anglais seulement)

The International Barcode of Life. iBOL.

<http://ibol.org/> (anglais seulement)

Tobe, Frank. 2013. « China now largest market for robots. » Blogue *Everything Robotic* par *The Robot Report*. 11 juillet 2013.

<http://www.everything-robotic.com/2013/07/china-now-largest-market-for-robots.html> (anglais seulement)

Trottier, E. et autres. 2006. *Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d’agir*. Commission de l’éthique de la science et de la technologie.

http://www.ethique.gouv.qc.ca/fr/assets/documents/Nano/Avis-Ethique_et_nano_WEB.pdf

Truchon, G. et autres. 2008. *La recherche en nanotechnologie. Par où commencer ?* Travail et santé. Vol. 24, no 2. p. 32-35.

« Vineland’s robotics and automation trials move into planting and packaging phase. » *Vineland*. 2013.

<http://www.youtube.com/watch?v=39pwCEYadmw#at=38> (anglais seulement)

Wisland, Laura. 2012. « Good news for solar prices. » *The Equation*. Union of Concerned Scientists. 3 décembre 2012.

<http://blog.ucsusa.org/good-news-for-solar-prices> (anglais seulement)

Yoon, Lan. 2013. « 10 ways biotechnology could improve our everyday life. » Korea Advanced Institute of Science and Technology.

http://www.eurekalert.org/pub_releases/2013-02/tkai-ttw022513.php (anglais seulement)

« Human enhancement and the future of work. » Rapport sur l’atelier du 7 mars 2012. The Academy of Medical Sciences, British Academy, Royal Academy of Engineering et Royal Society.

<http://royalsociety.org/policy/projects/human-enhancement/workshop-report/> (anglais seulement)

CONSULTATIONS

ET ENTREVUES

BIOTECHNOLOGIE

Aled Edwards, Structural Genomics Consortium

Andrea Johnston, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Andrew Casey, BIOTECCanada

Andy Atkinson, Santé Canada

Anne-Christine Bonfils, Conseil national de recherches Canada

Brian Colton, Agence canadienne d'inspection des aliments

Burton Blais, Agence canadienne d'inspection des aliments

Christine Tibelius, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Colin Hoult, Forces canadiennes

Colin McGowan, Pêches et Océans Canada

David Wilkinson, Agence de la santé publique du Canada

Drew Endy, MIT

Frank McDonald, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Gary Van Domselaar, Agence de la santé publique du Canada

Giuliano Tolusso, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Jan Trumble Waddell, Agence de la santé publique du Canada

Jim Louter, Environnement Canada

Joanne DeFranco, Exportation et développement Canada

Joseph Rios, Exportation et développement Canada

Klaus Ammann, University of Bern

Mark Schaan, Industrie Canada

Matthew Brougham, Agence canadienne des médicaments et des technologies de la santé

Nicholas Doucette, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Satyamoorthy Kabilan, Le Conference Board du Canada

Scott McNaughton, Santé Canada

Simone Petriw, Agence canadienne d'inspection des aliments

Titus Tao, Santé Canada

Vardit Ravitsky, Université de Montréal

Vicki Fleury, Agence canadienne d'inspection des aliments

NEUROSCIENCE, INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET ROBOTIQUE

Adrian Owen, University of Western Ontario

Alan Mackworth, University of British Columbia

Alex Mihailidis, University of Toronto

Andres Lozano, University of Toronto

Anthony Phillips, Instituts de recherche en santé du Canada

Antoine Hakim, Université d'Ottawa (Institut de recherche sur le cerveau et le psychisme)

Ashod Donikian, Navisens Pty Limited

Chris Eliasmith, University of Waterloo

Clifford Nass, Stanford University

Colin Cherry, Conseil national de recherches Canada

Emil Petriu, Université d'Ottawa

Eric Racine, Université McGill

Erick Dupuis, Agence spatiale canadienne

Erik Vatikiotis-Bateson, University of British Columbia

Gary Birch, Neil Squire Society

Goldie Nejat, University of Toronto

Isabelle Blanchette, Université du Québec à Trois Rivières

James Danckert, University of Waterloo

Jean Gotman, Université McGill

Jeff Daskalakis, Centre de toxicomanie et de santé mentale

Jennifer Chandler, Université d'Ottawa

Jesse Hoey, University of Waterloo

John Verdon, Centre de Recherche et développement pour la défense

Jon Stoessl, University of British Columbia

Jon Wolpaw, Wadsworth Center, NY State Department of Health

Karim Nader, Université McGill

Mary Boreskie, Industrie Canada

Matthew Lovett-Barron, Columbia University

Peter Danielson, University of British Columbia

Peter Suma, University of Waterloo

Ravi Menon, Robarts Research

Vincent Clark, University of California

William Graf, Yale University

NANOTECHNOLOGIE ET ÉNERGIE

Andrew Atkinson, Santé Canada

Arthur Carty, Nano Ontario

Brad Feasey, Industrie Canada

Brian Colton, Agence canadienne d'inspection des aliments

Brian Haydon, Agence spatiale canadienne

Chris Kingston, Conseil national de recherches Canada

Clayton Teague, ex-directeur du NNCO

Clive Willis, CWIC Inc.

David Curtis, Hydro One

Dolores Martinez, NanoQuébec

Frank McDonald, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Geoffrey Sunahara, Conseil national de recherches Canada

Gitanjali Adlakha-Hutcheon, Conseil de la Recherche et du développement pour la défense

Jason Lo, Ressources naturelles Canada

Kim Ryel, Affaires étrangères, Commerce et Développement Canada

Marie D'Iorio, Conseil national de recherches Canada

Matthew Shacker, Ressources naturelles Canada

Mihail Roco, U.S. National Science Foundation

Nicholas Doucette, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Nicole Buckley, Agence spatiale canadienne

Nicole Davidson, Environnement Canada

Pekka Sinervo, Institut canadien de recherches avancées

Peter Grütter, Université McGill

Robert Crawhall, expert-conseil

Robert Pohanka, U.S. National Nanotechnology Coordination Office (NNCO)

Sabin Boily, École de technologie supérieure

Saeed Khan, Industrie Canada

Thomas Davis, Agence spatiale canadienne

Thomas Ducellier, Conseil national de recherches Canada

Tim Karlsson, Industrie Canada

Vanessa Clive, Industrie Canada

Warren Chan, University of Toronto

Yasir Sultan, Environnement Canada

ANNEXE 1 :

SCÉNARIOS – À QUOI POURRAIT RESSEMBLER L'AVENIR?

Les scénarios suivants ne sont pas des tentatives de prédire l'avenir. Leur objectif est plutôt d'envisager comment l'avenir pourrait se présenter et d'aider les décideurs à comprendre les conséquences potentielles à long terme de plusieurs hypothèses de planification. Ils nous permettent d'évaluer des démarches stratégiques actuelles et proposées en fonction d'une série d'avenirs possibles, et ainsi d'éviter les surprises.

Bien que l'on ne puisse deviner quel scénario se concrétisera, ces scénarios soutiennent tous le développement d'une meilleure compréhension de l'avenir. Dans le cadre de cette étude, on a élaboré quatre scénarios analytiques qui examinent l'environnement économique, social et de gouvernance dans le contexte des technologies en évolution rapide qu'explore l'étude.

NAVIGUER PRÈS DE LA CÔTE

Le milieu des affaires, le gouvernement et le public sont prudents face à la nouvelle technologie

La prudence est monnaie courante dans l'adoption des nouvelles technologies, ainsi que dans les investissements et les politiques connexes. Certaines technologies, dont la biologie synthétique et l'imprimerie 3D, ont commencé à transformer les secteurs de la fabrication, de l'agriculture et des ressources naturelles. L'intelligence artificielle est en voie de révolutionner le secteur des services. Mais les gouvernements, les entreprises et les particuliers sont lents à adopter ces technologies, car ils s'inquiètent de la rentabilité à long terme, du milieu de la réglementation incertain, et des conséquences potentielles de la technologie sur l'environnement, la confidentialité, etc. La situation se complique par un manque de coordination entre les ordres de gouvernement pour encourager l'innovation technologique, tirer profit des possibilités mondiales et mettre à jour les approches de gestion du risque de manière à favoriser la réglementation efficace des produits et des processus. Le Canada connaît donc une croissance économique lente, contrairement aux nouvelles superpuissances économiques émergentes de l'Asie. Dans les pays d'Asie, le soutien aux nouvelles technologies, les investissements et la culture scientifique et technologique sont élevés et vont croissant. Les travailleurs canadiens dotés des bonnes compétences sont en forte demande, mais l'adoption de certaines de ces technologies déplace les travailleurs moins qualifiés. Les travailleurs qualifiés sont aussi sous pression, car le travail virtuel et la concurrence mondiale font baisser les salaires. Ces facteurs ralentissent l'immigration, et nombre de travailleurs qualifiés quittent le Canada ou font du travail virtuel pour des entreprises étrangères. Pour régler ce problème, les politiques encouragent surtout les gens à continuer à perfectionner leurs compétences, mais

Retour vers le futur

MANCHETTES TIRÉES D'UN JOURNAL DE 2028

« Le Canada participe à l'essor mondial des terres rares en envoyant des robots autonomes dans les opérations minières sur l'île de Baffin »

« La candidature de Calgary à titre d'hôte du centre d'excellence des grands laboratoires de biosynthèse est rejetée au profit de l'Indonésie – la ville blâme d'autres niveaux de gouvernement et les activistes de la communauté pour la perte d'emplois et de croissance »

les Canadiens s'inquiètent de l'expansion du travail précaire. Le Canada doit entretenir une infrastructure publique vieillissante, et ses revenus publics stagnent ou diminuent. Par conséquent, on manque parfois des occasions de tirer profit des nouvelles technologies ou infrastructures pour améliorer la situation publique.

SE LAISSER PORTER PAR LE VENT

Le milieu des affaires prend les devants, le gouvernement le soutient, le public s'inquiète

Le rythme du changement technologique et de l'adoption de la technologie est fixé surtout par le milieu des affaires dans un environnement de gouvernance de soutien. La croissance économique est stable, mais pas la richesse personnelle, alors que l'emploi stagne ou diminue. La technologie s'implante rapidement. L'industrie tire profit de la biologie synthétique et de la robotique pour améliorer l'efficacité dans la fabrication et dans l'extraction et le traitement des ressources naturelles, des domaines où la rentabilité commerciale est élevée et où il y a de la demande pour des produits de base dans les marchés émergents. Bien qu'il y ait peu de coordination entre les ordres de gouvernement, certaines villes et provinces cherchent leur créneau dans le marché mondial croissant de la technologie. La gouvernance a surtout pour objet de rendre l'industrie plus apte à réussir dans un environnement mondial de plus en plus compétitif. Le sous-emploi et le chômage augmentent chez les travailleurs qualifiés et moins qualifiés, tant à cause d'un marché mondial grandissant pour le travail virtuel qu'à cause d'une hausse dans l'emploi atypique.

Les grands centres urbains continuent leur expansion avec l'afflux des travailleurs vers les pôles de technologie; cependant, des « ghettos » apparaissent en raison de la concurrence pour de bas salaires entre les travailleurs virtuels canadiens et les travailleurs virtuels qualifiés d'autres pays. Par conséquent, et dans la perspective des revenus publics en diminution, cette période se caractérise par de l'expérimentation stratégique. Par exemple, la société et les gouvernements font un usage créatif de certains modèles de politique non conventionnels, comme les obligations à impact social et les partenariats public-privé, en vue de mettre les capacités des entreprises au service d'objectifs publics plus larges. On utilise des approches similaires relativement aux infrastructures, qui sont dans un état de déclin avancé. Dans certains secteurs comme celui des transports, les responsables des infrastructures publiques expérimentent de nouveaux modèles où la propriété et la gestion sont partagées par le secteur public et le privé. Le degré de modernisation des institutions, des infrastructures et des biens publics dépend de leur importance pour les besoins des entreprises.

Retour vers le futur MANCHETTES TIRÉES D'UN JOURNAL DE 2028

« Le remplacement des camions des géants du détail par des systèmes autonomes de transport des marchandises entraîne la perte de plus de 2 000 emplois »

TRACER L'ITINÉRAIRE

Les intervenants collaborent pour concevoir une stratégie robuste

Les nouvelles technologies ont des répercussions importantes sur tous les secteurs de l'économie. Des acteurs divers collaborent pour créer des systèmes favorisant des processus efficaces et coordonnés qui minimisent le risque pour la société. Les processus industriels caractérisés par des systèmes en boucle fermée sont l'idéal. À mesure que l'on découvre des possibilités et qu'on les exploite, l'industrie et les

gouvernements demandent des changements d'orientation rapides et fréquents. Le cadre stratégique encourage l'entreprenariat en demeurant adaptable et en soutenant un environnement où les gouvernements, l'industrie et les autres acteurs partagent le risque. Il reste des inquiétudes relatives aux conséquences des nouvelles technologies, mais elles sont apaisées par un environnement politique favorable, de l'éducation, et les progrès du réseau de détection qui démontrent que les nouvelles technologies, bien qu'elles présentent certains risques, sont sûres et améliorent la qualité de vie. L'emploi est précaire, en particulier pour les travailleurs non qualifiés, en raison de la concurrence mondiale et de l'essor de l'emploi atypique. Un contrat social plus moderne, cependant, donne aux travailleurs le temps de perfectionner leurs compétences et de faire concurrence à l'échelle mondiale. Le gouvernement investit dans une meilleure compréhension et un plus grand soutien de l'importance de l'innovation, et incorpore celle-ci à tous les systèmes (de politiques, de conception de programmes et de prestation, ainsi que les investissements et les partenariats dans la recherche et le développement à l'échelle nationale et mondiale). Les travailleurs et les produits canadiens sont en grande demande tant à l'intérieur du pays qu'à l'étranger. Les infrastructures des transports, d'énergie et des communications sont en train d'être renouvelées pour soutenir le changement culturel et économique vers une économie fondée sur l'innovation.

Retour vers le futur

MANCHETTES TIRÉES D'UN JOURNAL DE 2028

« Selon les nouveaux diplômés : la hausse de l'emploi atypique et les nouvelles possibilités mondiales compliquent le choix d'un cheminement de carrière »

EXPLORER DE NOUVEAUX HORIZONS

L'innovation à source ouverte dans les réseaux mondiaux devient un moteur important

L'innovation est un phénomène mondial, et les fruits de l'innovation technologique sont pour la plupart à source ouverte. L'innovation est donc plus rapide et profite plus équitablement aux gens. Les « communes créatives » sont sans frontières et caractérisées par une communauté d'innovateurs dont chacun fonde son travail sur celui des autres. Le système de propriété intellectuelle a évolué, et les innovateurs sont rétribués par des systèmes de micropaiement. L'économie canadienne croît lentement dans un milieu de compétition intense. Les travailleurs à tous les niveaux doivent être mobiles, flexibles, capables d'adaptation et transdisciplinaires. Même les emplois peu spécialisés dans la fabrication et les services sont à présent modelés par l'innovation technologique rapide. Le cadre de politique sociale compose avec cette situation en offrant du soutien continu au perfectionnement des compétences et à la « flexisécurité ». Une telle approche reconnaît que le changement technologique redéfinit constamment le monde du travail et que la société et les gens ont besoin de soutien pour s'adapter. L'infrastructure est modulaire et de plus en plus interconnectée à l'échelle mondiale. L'interopérabilité est l'idéal, mais se trouve compliquée par le rythme accéléré de l'innovation. Les services du gouvernement à tous les niveaux sont très automatisés; ont fait usage, en particulier, de l'intelligence artificielle et de la robotique (entre autres pour les impôts, les programmes sociaux, les soins de santé et la défense nationale). Le gouvernement national se trouve de plus en plus entravé dans son action par le besoin d'une meilleure coordination mondiale.

Retour vers le futur

MANCHETTES TIRÉES D'UN JOURNAL DE 2028

« Le Réseau de suivi de la santé mondiale, aidé par l'IA, englobe maintenant 96 pays et continue de croître – la coordination du suivi et de l'intervention face aux épidémies améliore les résultats de santé du monde entier »

PROCESSUS D'HORIZONS

HYPOTHÈSES

- Entrevues et lectures destinées à énoncer et à saisir le problème
- Suivre les principales hypothèses pour les tester

VEILLE

- Repérer les nouvelles idées/faibles signaux de changements en cours
- Évaluer les tendances pertinentes
- Élaborer des hypothèses communes

CARTOGRAPHIE DU SYSTÈME

- Cerner les principaux éléments du système
- Décrire les relations clés

MOTEURS DE CHANGEMENT

- Décrire les moteurs de changement dans le système
- Cartes d'influence des conséquences de deuxième et de troisième rang
- Examen préliminaire de l'interaction des moteurs de changement

SCÉNARIOS

- Scénarios pour explorer l'éventail des futurs possibles
- Repérer les grands défis et les discontinuités
- Tester la solidité des hypothèses et stratégies

PRODUITS

- Hypothèses crédibles et grandes incertitudes
 - Défis de politique
 - Questions émergentes
 - Besoins en matière de données