

Regard sur l'avenir :

Les S-T pour le XXI^e siècle

Le Canada peut devenir la nation de taille moyenne la plus influente dans le monde s'il reconnaît les forces et la dynamique du nouvel ordre mondial et contribue à leur évolution.

En tant que principal organisme fédéral de recherche et de développement, le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) a amorcé le renouvellement de sa vision et l'élaboration d'une nouvelle stratégie organisationnelle qui lui permettront d'apporter une contribution exceptionnelle et soutenue au Canada et au reste du monde dans le vaste domaine des sciences et de la technologie (S-T).

Lancée en janvier 2005, la première phase de cet effort de renouvellement a comporté un exercice prospectif visant à cerner les problématiques mondiales, les besoins de l'industrie, les priorités gouvernementales et les tendances en S-T qui détermineront l'orientation de la recherche et du développement au Canada dans les 10 à 15 prochaines années.

Le présent sommaire fait état de nos principales observations ainsi que des enjeux dont le CNRC doit tenir compte alors qu'il se prépare à amorcer sa prochaine planification stratégique.

Contexte mondial

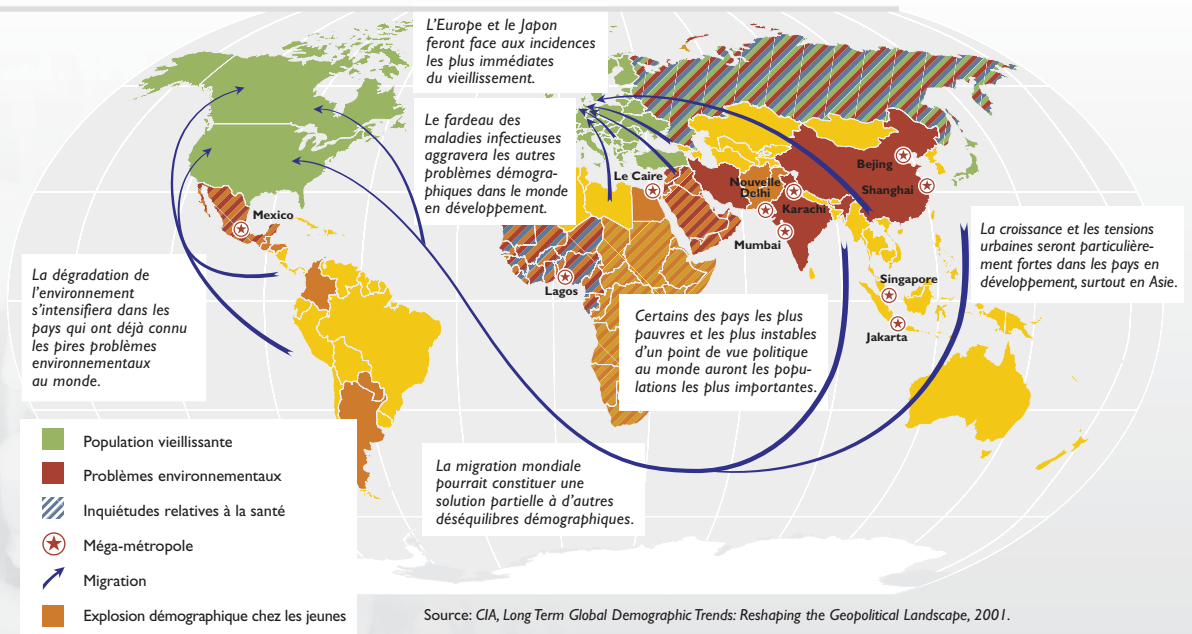
Évolution démographique

L'évolution démographique touche autant l'économie que la société. Elle se manifeste par de nouvelles attentes de la part des consommateurs, une demande accrue en ressources naturelles, des attentes croissantes face aux services de santé, une composition changeante de la main-d'œuvre, et une évolution des valeurs sociales, des croyances religieuses et des normes culturelles.

On prévoit qu'en 2020, la population du Canada atteindra environ 35 millions d'habitants, dont de 19 à 23 % appartiendront à des minorités visibles. Autrement dit, entre 6,3 millions et 8,5 millions de citoyens auront une culture, des valeurs et des religions différentes de celles des peuples fondateurs du pays.

Aperçu des tendances démographiques mondiales

Voici la réalité : Le Canada doit relever les défis que posent une population vieillissante, un besoin croissant en personnel hautement qualifié qui doit être comblé par l'immigration, et le fait que la population mondiale devient de plus en plus migratoire.



Aujourd'hui, alors que le Canada voit sa population vieillir, d'autres pays sont aux prises avec une explosion démographique de jeunes. L'Organisation internationale du travail prévoit une augmentation de la population active mondiale de près d'un milliard de personnes au cours de la prochaine décennie, et tout semble indiquer qu'une grande partie de cette augmentation se produira dans les pays en développement.

Problématiques géopolitiques et sociales

Une crise mondiale est imminente sur le plan de la gouvernance. Alors que la démocratie avance à l'échelle mondiale, on assiste à l'échec d'un nombre croissant d'État-nations à mesure que des forces inattendues, et avec lesquelles nous ne sommes pas prêts à composer, émergent des conditions en évolution rapide. On constate, par exemple, que l'État-nation perd du terrain alors que des accords commerciaux ou affiliations religieuses deviennent une source principale d'identité. Pour ce qui est du Canada, sa position dans le monde affiche un recul.

Contexte social en évolution

Au XX^e siècle, on prévoyait que l'avenir allait appartenir à la culture industrielle occidentale définie par ses technologies, ses économies et sa vision du monde. De telles prévisions ne constituent plus un « pari sûr ». La perception du monde actuel a changé, et dans toutes les sociétés occidentales on constate une perte de confiance dans le leadership et les institutions représentatives.

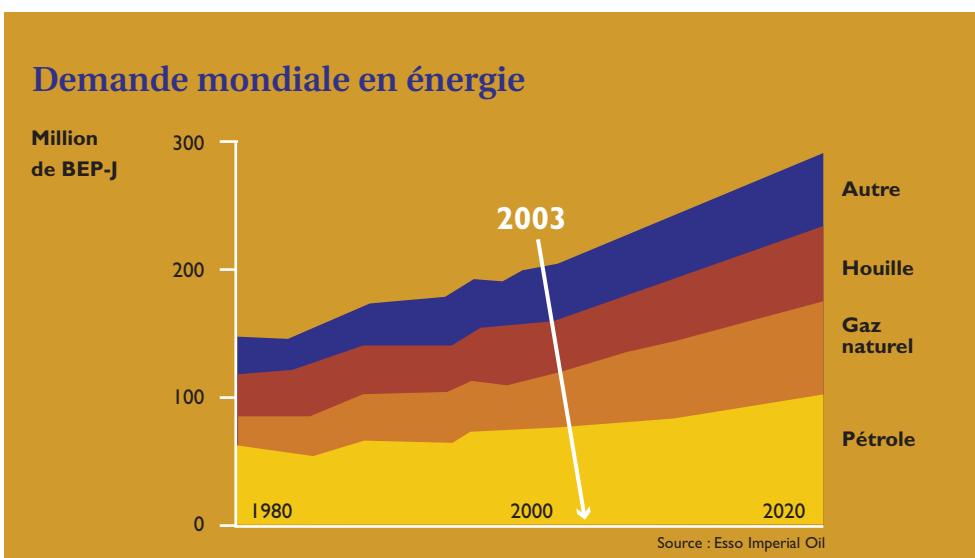
Nécessité d'un renforcement de la sécurité

L'interdépendance mondiale croissante entraîne de nouvelles menaces et vulnérabilités. L'érosion de la capacité de l'État de composer avec la privatisation des conflits affaiblit la sécurité mondiale. Dans une certaine mesure, c'est en fonction de la « sécurité » que nous percevons le monde et que nous agissons.

Problématiques mondiales touchant le Canada

Énergie

Certains estiment que les questions d'énergie représenteront le plus grand problème auquel fera face l'humanité au cours des 50 prochaines années¹, et qu'une fois que l'on aura trouvé une solution à ce problème, il sera plus facile de résoudre tous les autres. On prévoit aussi qu'à mesure que la Chine, l'Inde et d'autres pays s'industrialiseront, la concurrence mondiale à l'égard des ressources énergétiques augmentera. De sérieuses menaces à la sécurité en matière d'énergie pourraient émerger, entraînant une perturbation de l'approvisionnement.



Les ressources énergétiques non renouvelables de la Terre semblent plus que suffisantes pour combler les besoins bien au-delà de 2020, même si on sait moins bien dans quelle mesure il sera coûteux et préjudiciable d'extraire ces ressources et de les acheminer jusqu'aux consommateurs. On voit déjà une résurgence du nucléaire (Chine et France) pour répondre aux besoins croissants en énergie. Des travaux de développement en matière d'énergie solaire, éolienne et des vagues sont en cours partout dans le monde, et la technologie des piles à combustible progresse à bon train.

Le Canada est le cinquième producteur d'énergie dans le monde – dépassé seulement pas les États-Unis, la Russie, la Chine et l'Arabie saoudite² – et il possède de vastes ressources naturelles dont la majorité sont encore inexploitées.

Selon la publication Perspectives énergétiques mondiales 2004 de l'Agence internationale de l'énergie, si les gouvernements conservent les politiques en vigueur au milieu de 2004, d'ici 2030 les besoins mondiaux en énergie auront augmenté de presque 60 % par rapport à 2004.

1 R. E. Smalley, Rice University, présentation au 27^e symposium « Illinois Junior Science and Humanities », le 3 avril 2005.

2 http://www.locationcanada.com/art_5.htm

3 <http://www.oecd.org/dataoecd/13/53/31963451.xls>

4 Long-Term Global Economic Challenges and Opportunities for Europe, publié en mars 2005, http://www.hm-treasury.gov.uk/documents/international_issues/int_global_index.cfm



Alors que l'économie mondiale devient moins tributaire de l'exploitation des ressources naturelles et plus axée sur l'économie du savoir, et que les emplois manufacturiers migrent des pays industrialisés vers les pays en développement, les pays industrialisés sont poussés à maximiser les retombées de la création de connaissances.

Le Canada est aussi un chef de file quant à la responsabilité énergétique. Il a signé l'accord de Kyoto et s'est ainsi engagé à réduire ses émissions de gaz à effet de serre à des niveaux de 6 % inférieurs à ceux de 1990.

Environnement

Les S-T axées sur l'environnement prennent de l'envergure à l'échelle mondiale en même temps que la préoccupation de voir l'équilibre de la santé de l'environnement basculer (changement climatique, pénurie d'eau, pollution, catastrophes naturelles et autres). Au Canada, les problématiques de l'environnement ont un impact certain sur le rendement des secteurs de l'énergie, des matières premières, des transports, de la construction et de l'agroalimentaire.

Avec l'accroissement de la population et, partant, celui de la consommation d'eau par habitant, les ressources en eau de la Terre deviendront de moins en moins suffisantes. L'accès à l'eau sera mis en sérieuse concurrence et risquera de devenir une cause principale de conflit. Nombre d'experts sont d'avis que l'eau deviendra la ressource stratégique clé du XXI^e siècle.

Le réchauffement de la Terre est généralement bien reconnu, et son impact sur l'environnement est déjà très apparent. On reconnaît qu'il faut s'attaquer à la cause du problème : l'accroissement des émissions de gaz à effet de serre.

Santé et bien-être

Partout dans le monde, les régimes publics des soins de santé sont aux prises avec des défis considérables. La baisse des taux de fécondité et la prolongation de l'espérance de vie se traduisent par une augmentation de l'âge moyen de la population mondiale. En même temps, un plus grand nombre de personnes âgées demandent une meilleure qualité de vie. Dans les sociétés occidentales, on assiste également à une prolifération des cas de diabète

chez des sujets de plus en plus jeunes, ainsi qu'à une épidémie d'obésité. Le monde fait face à des pandémies, à une incidence accrue de maladies transmissibles, à la recrudescence de certaines maladies (la malaria et la tuberculose) et à de nouvelles variantes de maladies anciennes comme le choléra et la méningite. La pandémie mondiale du VIH/sida demeure l'un des plus grands fléaux de notre époque. En outre, plus de 800 millions de personnes, dont 300 millions d'enfants, se couchent le ventre creux tous les soirs.

La pauvreté mondiale est un facteur important sur le plan de la santé et du bien-être. Des progrès marqués dans la réduction de la pauvreté ont été réalisés en Asie, particulièrement en Asie orientale. Par contre, le nombre de personnes vivant dans la pauvreté extrême a augmenté dans toutes les autres parties du globe. Face à ces défis, bon nombre de « remèdes » existent déjà, mais leur mise en œuvre se bute à des obstacles, dont des valeurs sociales fermement ancrées.

En raison des lourdes charges qui pèsent sur la société, le coût des services de santé augmente continuellement. D'après les données de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)³, les frais des soins de santé au Canada (en dollars américains par habitant) sont passés de 289 dollars en 1970 à 2 931 dollars en 2002. Aux États-Unis, les mêmes frais étaient de 347 dollars en 1970 et de 5 267 dollars en 2002.

Concurrence économique mondiale

Le marché mondial en évolution

Nous assistons à une transformation marquée de la forme, de la structure et de la dynamique de l'économie mondiale. Le commerce mondial est passé de 580 milliards de dollars américains en 1980 à 6,3 billions de dollars américains en 2004 – accroissement par un facteur de onze⁴.



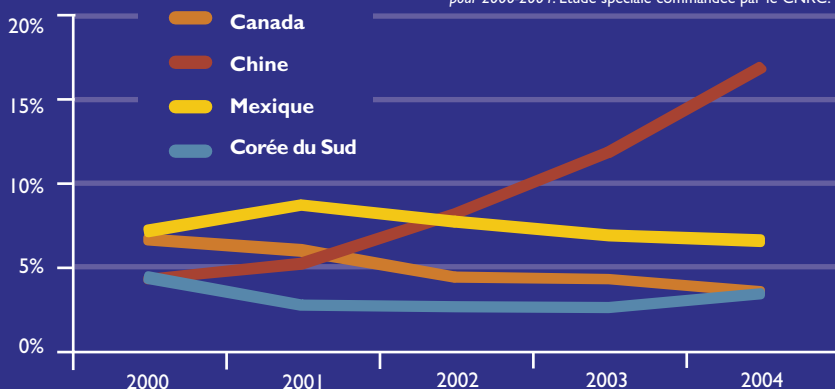
© Photo de l'ACDI : Michel Dompiere.



© Photo de l'ACDI : Roger LeMayne.

Fraction des importations américaines de haute technologie selon le pays d'origine

Source : Performance commerciale du secteur manufacturier canadien pour 2000-2004. Étude spéciale commandée par le CNRC.



D'ici 2020, si les tendances actuelles se maintiennent, l'économie de la Chine aura une envergure comparable à celle des États-Unis. L'Inde arrivera à ce niveau vers les années 2040. La Russie pourrait refaire surface comme intervenant important.

La place qu'occupe un pays donné sur le nouvel échiquier mondial est largement fonction de son bien-être social et économique. De plus en plus, on reconnaît que les S-T sont indispensables à la survie dans le monde actuel, et que les économies les plus robustes doivent mettre à contribution leurs capacités en S-T pour aider les pays moins fortunés et combler les nombreux écarts qui divisent le monde.

En général, la libéralisation des marchés internationaux présente à la fois une occasion et un défi pour le Canada. La prospérité du Canada a toujours été tributaire du commerce. Aujourd'hui, nous faisons face à une confluence de défis liés à notre dépendance actuelle envers l'activité industrielle; au développement marqué de l'assise manufacturière de la Chine; à l'expansion des accords de libre-échange; à l'émergence d'une économie du savoir en Inde; et au désir de produire une propriété intellectuelle nouvelle et de remonter la chaîne de valeur (dans tous les secteurs allant des télécommunications aux produits pharmaceutiques).

Problématiques industrielles

L'innovation dans les produits, procédés et services est devenue un facteur critique de succès⁵, déterminant le niveau de compétitivité de chaque pays. Par rapport à ces paramètres, le Canada a marqué un repli, passant du deuxième au treizième rang des pays de l'OCDE au chapitre de la productivité, et se classant au 27^e rang par rapport aux autres pays de l'OCDE quant à la compétitivité de ses produits et procédés – indicateur global d'innovation.

Selon Statistique Canada, en 2004, les entreprises canadiennes ont affiché leur pire rendement en huit ans pour ce qui est de la croissance de la productivité de la main-d'œuvre. Alors que la productivité augmente aux États-Unis, au Canada elle accuse un retard de plus en plus marqué.

Le Canada obtient aussi une cote médiocre en ce qui a trait à ses investissements en R-D. Dans les pays de l'OCDE, un ratio de 70/30 des investissements privés/publics dans la R-D est jugé convenable. Par rapport à ce critère, les investissements privés en R-D au Canada sont de beaucoup inférieurs (53 %) et marquent un repli, au même titre que le nombre d'entreprises faisant de tels investissements.

Le secteur privé canadien est dominé par les petites et moyennes entreprises (PME), dont 98 % comptent

moins de 100 employés. De manière générale, les PME dépensent un tiers de ce que les sociétés américaines comparables consacrent à la R-D. De plus, elles sont moins aptes à intégrer les retombées de la R-D et à s'adapter à la libéralisation rapide de l'économie. En outre, les PME sont aux prises avec de nombreux enjeux allant des exigences liées à l'interopérabilité jusqu'à la protection de la propriété intellectuelle, ce qui rend difficile leur participation aux chaînes d'approvisionnement mondiales – forces dominantes du monde des affaires actuel.

L'économie axée sur les PME est caractérisée par le fait que son succès dépend de la présence de réseaux régionaux solides ou de grappes industrielles, or les PME ont surtout une présence locale. En évoluant, les grappes industrielles établissent des liens à l'échelle mondiale surtout dans les économies industrialisées et en transition.

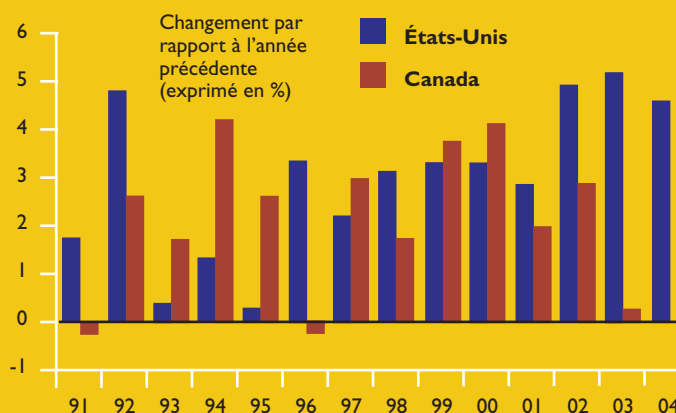
En outre, le système d'innovation canadien fait face à une pénurie croissante de personnel hautement qualifié à tous les niveaux du processus d'innovation. Le Canada se classe au 14^e rang parmi les pays de l'OCDE en ce qui a trait à la gestion; il compte moins de travailleurs en S-T que plusieurs autres économies évoluées, et manque de gestionnaires chevronnés de fonds de capital de risque. D'autres exemples de problématiques sont l'accès au financement providentiel, les frais liés à l'accès aux marchés, la propriété intellectuelle, le climat et la culture du milieu des affaires ainsi que la réglementation.

⁵ *Manufacturing in America: A Comprehensive Strategy to Address the Challenges to US Manufacturers*, Département du commerce des États-Unis, janvier 2004.

Les investissements privés dans la R-D au Canada sont faibles. En 2001, le Canada comptait seulement 228 entreprises de R-D de pointe, qui ensemble représentaient près de 80 % de la R-D dans le secteur privé au Canada. Cette tendance se maintiendra jusqu'en 2020, exerçant de fortes pressions sur les capacités de la R-D financée par l'État.

Si des modifications systématiques et approfondies ne sont pas apportées au processus d'innovation canadien, la rapidité d'évolution et la capacité de l'innovation industrielle au Canada risquent d'être compromises.

Aucun gain de productivité au Canada en 2004



Les vagues d'innovation n'agissent jamais de manière isolée. Et tout semble indiquer qu'à l'avenir, elles comporteront d'avantage d'influence croisée et, partant, engendreront encore plus de collaborations interdisciplinaires qu'auparavant.

Le rôle évolutif des S-T

Les sciences et la technologie peuvent contribuer à hausser notre capacité de répondre aux grandes problématiques mondiales (changement climatique, ressources naturelles et énergie, santé). Elles peuvent également aider à stimuler la compétitivité des nations (qualité de vie, productivité et reconnaissance de l'importance d'une économie du savoir), et influencer la structure de la concurrence dans des industries entières.

Tout au long de l'histoire, des « vagues » d'innovation, dont bon nombre étaient fondées sur des percées en S-T, ont laissé leur marque sur l'économie mondiale. Avec le temps, ces vagues deviennent de plus en plus perturbatrices, p. ex., l'Internet (Amazon, eBay, Cisco), l'informatique (la recherche génomique), les technologies sans fil (les téléphones cellulaires).

La vague d'innovation actuelle des *technologies de l'information et des communications* continuera d'exercer une influence transformatrice considérable jusqu'en 2020, particulièrement en ce qui a trait aux tâches et procédés automatisés, aux sciences computationnelles, à la simulation prévisionnelle, au génie logiciel, aux systèmes d'exploitation normalisés et à l'infrastructure des transports. La prochaine vague, qui s'annonce être celle de la biotechnologie, aura un impact considérable dans le domaine de la fonction génétique et dans celui de la biologie moléculaire, cellulaire et des systèmes.

Au cours des 15 prochaines années, les technologies transformatrices principales – technologies suscep-

tibles de déclencher des transformations économiques à travers tout le marché – incluront les technologies de l'information et des communications, la biotechnologie et les technologies axées sur l'énergie et l'environnement. À mesure que ces technologies se répandront et deviendront omniprésentes, les bases nécessaires à l'implantation de nouvelles applications se développeront. Par la suite, de nouveaux services tributaires de ces applications feront leur apparition.

On prévoit que de nombreuses sciences et technologies habilitantes auront une incidence croissante sur les technologies transformatrices principales. Celles-ci comprennent la nanoscience et le nanogénie, la science des matériaux, la photonique, la microfluidique et l'information quantique.

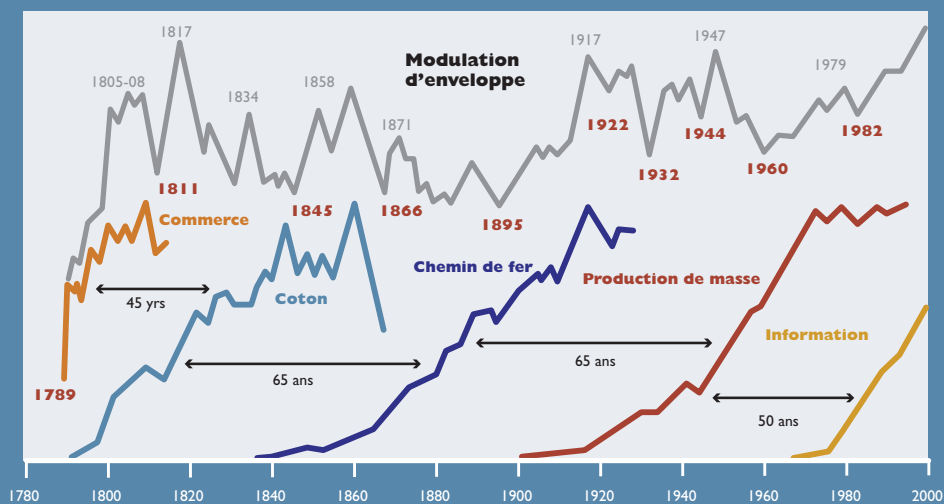
Les technologies convergentes sont appelées à avoir un rôle de plus en plus dominant dans le développement des S-T. Les nouvelles technologies combineront deux ou plusieurs disciplines, et les percées dans un domaine faciliteront la réalisation de percées dans un autre.

Des technologies habilitantes comme la biotechnologie, les technologies de l'information et les nanotechnologies ont commencé à conjuguer leurs forces avec celles des sciences cognitives, de la psychologie sociale et d'autres sciences sociales. Cette convergence promet de transformer tous les aspects de la vie courante⁶.

⁶ *Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies*, recherche de la Commission européenne, 2004.



Vagues d'innovation antérieures



Source : Mike Alexander, *The Innovation Wave and Secular Market Trends*, April 2001.



Plusieurs facteurs influenceront le développement et l'application ponctuelle des S-T. Mentionnons, par exemple, la convergence des technologies transformatrices et des sciences habilitantes, l'appréhension de la technologie, la nécessité de demeurer au fait du développement rapide de la technologie et de composer avec les discontinuités au niveau des S-T et des problématiques mondiales. Ensemble ces facteurs représentent un défi d'envergure, non seulement pour la recherche scientifique mais aussi pour les décideurs et les sociétés.

Pour relever ce défi, il faudra une harmonisation encore plus étroite entre les priorités de la S-T et les enjeux sociaux.

Les chercheurs et innovateurs devront travailler de concert pour concilier les problématiques complexes et les solutions possibles sans se laisser limiter par les distances, le temps, la culture et les disciplines traditionnelles. Quant aux nouvelles technologies, elles devront apporter des solutions soutenables, non seulement du point de vue économique mais aussi environnemental, et être acceptables par la société.

Les partenariats, les installations communes, les collaborations et autres types d'intégration et de liens à l'échelle nationale et mondiale deviennent de plus en plus importants pour assurer le développement et le succès des S-T. Il en est de même pour l'accès aux connaissances mondiales et pour la gestion de leurs réseaux. On commence aussi à mettre l'accent sur les écosystèmes holistes et les interactions complexes. Les équipes de projet sont appelées à devenir interdisciplinaires, fortement cohésives et ciblées sur la collaboration. Ces mêmes caractéristiques s'appliquent aux outils et à l'infrastructure qu'elles partagent. Tous les éléments doivent être liés afin d'assurer le perfectionnement de spécialistes travaillant en collaboration dans les sciences naturelles, sociales et humaines, et en génie, et ceci au niveau régional, national et international. Plus que jamais, la collaboration internationale en sciences est importante pour le Canada, et ceci s'applique à tous les domaines d'activité scientifique des gouvernements.

Conclusion

L'avenir ne sera pas une reprise du passé ni du présent. Les problématiques de chaque époque et



notre capacité d'y répondre diffèrent fondamentalement. Le monde qui se dessine à nous sera caractérisé par l'incertitude et l'évolution constante ainsi que par la remise en question de nos notions les plus fondamentales.

Le Canada – pays de ressources privilégié et reconnu à l'échelle internationale pour sa coopération – a la possibilité de jouer un rôle important dans l'avenir qui s'annonce. Mais pour être en mesure de répondre aux problématiques les plus tenaces ainsi qu'à celles qui émergent sur la scène mondiale, il devra mobiliser ses forces par le biais de l'application efficiente des sciences et de la technologie.

Aujourd'hui, la question qui se pose est de savoir si, dans le contexte international, le Canada a la vision, les compétences et la détermination de bâtir sur ses forces existantes pour devenir la nation de taille moyenne la plus influente dans le monde.

Le nouveau modèle d'organisme de S-T du XXI^e siècle devra faire montre de souplesse, d'adaptabilité et de compétence dans la gestion de sa propriété intellectuelle au sein de l'économie du savoir. Il devra également adopter un système d'exploitation réparti qui permettra d'accéder à la constellation mondiale de « centres de compétence » et de se servir de leurs capacités.

Pour plus de détails, veuillez consulter notre rapport à :

www.cnrc-nrc.gc.ca