



CIRODD

Centre interdisciplinaire de recherche
en opérationnalisation du développement durable



La transdisciplinarité au service de la transition énergétique - Mémoire du CIRODD dans le cadre de la consultation Transition énergétique Québec

15 décembre 2017

MEMBRES, COLLABORATEURS ET COLLABORATRICES

Darine Ameyed, Synchronmedia, ÉTS
Luce Beaulieu, CIRODD, Polytechnique Montréal
Mohamed Benhaddadi, Cégep du Vieux Montréal
Marie-Andrée Caron, Centre OSE, UQAM
Mohamed Cheriet, Laboratoire Synchronmedia, ÉTS
Jean-François Desgroseilliers, Polytechnique Montréal
Érick Lachapelle, Université de Montréal
Jérôme Laviolette, Fondation David Suzuki
Paul Lewis, Université de Montréal
Maude Ménard-Chicoine, CIRODD, Polytechnique Montréal
Catherine Morency, Chaire de recherche Mobilité, Polytechnique Montréal
Daniel Pearl, Université de Montréal
Pierre-Olivier Pineau, Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC
Montréal
André Potvin, CIRCERB, Université Laval
Catherine Potvin, McGill
François Reeves, Université de Montréal
Olivier Riffon, Chaire en éco-conseil, UQAC
Pierre-Olivier Roy, CIRAIG, Polytechnique Montréal
Sara Russo Garrido, CIRAIG, UQAM
Johanne Saint-Charles, Cinbiose, UQAM
Pablo Tirado-Seco, CIRAIG, Polytechnique Montréal
Juan Torres, Université de Montréal
Cathy Vaillancourt, INRS-Institut Armand-Frappier, Cinbiose, UQAM

AFFILIATIONS INSTITUTIONNELLES ET CENTRES DE RECHERCHE LIÉS AU CIROD DES CHERCHEURS ET CHERCHEURES PARTICIPANTS



TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|----|
| Affiliations institutionnelles et centres de recherche liés au CIROD des chercheurs et chercheuses participants..... | 2 |
| Table des matières | 3 |
| Liste des acronymes | 4 |
| 1 Le CIRODD..... | 5 |
| 1.1 Contexte du mémoire | 5 |
| 2 Concevoir nos politiques autrement..... | 6 |
| 2.1 De l'importance de la transdisciplinarité pour la transition énergétique..... | 6 |
| 2.2 Gouvernance et innovation sociale..... | 8 |
| 2.3 Des politiques énergétiques audacieuses | 10 |
| 3 Nous développer durablement | 11 |
| 3.1 Aménager notre territoire autrement..... | 11 |
| 3.2 Construire nos bâtiments dans la transition | 13 |
| 3.3 Le transport de personnes | 16 |
| 3.4 Les bioénergies..... | 17 |
| 3.5 Le potentiel des technologies de ruptures dans la transition énergétique | 18 |
| 4 Évaluer globalement nos actions | 18 |
| 4.1 L'analyse de cycle de vie : une approche holistique d'évaluation | 19 |
| 4.2 Pour une approche écosystémique de la santé | 20 |
| 4.3 Pour une prise en compte des impacts sur la santé cardiovasculaire | 21 |
| 5 Conclusion | 22 |
| 6 Références..... | 25 |

LISTE DES ACRONYMES

| | |
|-----------------|--|
| ACV | Analyse du cycle de vie |
| AeCV | Analyse environnementale du cycle de vie |
| AsCV | Analyse sociale du cycle de vie |
| CC | Changements climatiques |
| Centre OSE | Centre de recherche – Organisations, Sociétés et Environnement (OSE) |
| CINBIOSE | Centre de recherche interdisciplinaire sur le bien-être, la santé, la société et l'environnement |
| CIRAIG | Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services |
| CIRCERB | Chaire industrielle de recherche sur la construction écoresponsable en bois |
| CIRODD | Centre interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable |
| CO ₂ | Dioxyde de carbone |
| DD | Développement durable |
| GJ | Gigajoules |
| ISO | Organisation internationale de normalisation |
| FRQNT | Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies |
| FRQSC | Fonds de recherche du Québec – Société et culture |
| GES | Gaz à effet de serre |
| TEQ | Transition énergétique Québec |
| TIC | Technologies de l'information et de la communication |

1 LE CIRODD

Le CIRODD est un regroupement stratégique financé par le Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (FRQNT) et le Fonds de recherche du Québec – Société et culture (FRQSC). Plus de quatre-vingt membres chercheurs et collaborateurs de douze établissements universitaires québécois, quatre cégeps et deux Centres collégiaux de transfert technologique, participent aux activités et projets issus des maillages effectués au sein du CIRODD.

La mission du CIRODD est de réaliser, coordonner, intégrer et transférer des recherches en opérationnalisation du développement durable dans l'objectif ultime de faciliter l'émergence d'une économie verte. Le champ d'intervention du CIRODD est ciblé sur la mise en œuvre du développement durable (DD) dans les grands secteurs industriels du Québec, tels que l'aéronautique, la foresterie, les mines, l'énergie, les technologies de l'information et des télécommunications, le bâtiment, le transport et la mobilité, l'agriculture et la transformation agroalimentaire.

Cette contribution, conjointement écrite par des membres et collaborateurs du CIRODD, présente l'importance de la recherche transdisciplinaire et d'une lecture large de la transition énergétique.

Le mémoire propose des pistes d'action concrètes orientées vers une nouvelle conception de l'élaboration des politiques (section 2), vers une meilleure intégration du DD dans les secteurs des bâtiments, du transport et de l'aménagement du territoire (section 3) et vers des approches globales d'évaluation, comme l'approche écosystémique et l'analyse du cycle de vie (section 4).

Des recommandations sont présentées à la suite de chacune de ces trois grandes sections de ce mémoire.

Nota bene

La contribution du CIRODD pour ce mémoire fut de rassembler les chercheurs, chercheuses, collaborateurs et collaboratrices, de coordonner la rédaction et d'éditer le document. Ce document contient des parties adaptées du Livre blanc du CIRODD, publié en mai 2015, *Comment consolider l'opérationnalisation des orientations stratégiques du rapport « Agir sur les changements climatiques »?* et par conséquent, nous tenons à remercier aussi les collaborateurs et collaboratrices qui ont coécrit ce dernier.

Les sections Aménagement et Bâtiments sont en partie une adaptation pour le Québec des sections « villes et bâtiments » des deux rapports *Agir sur les changements climatiques* et *Rebâtir le système énergétique canadien - Vers un avenir sobre en carbone*, produits par Dialogues pour un Canada vert, un réseau indépendant et interdisciplinaire pancanadien de 70 universitaires. Les rapports originaux font le pont entre les réflexions des universitaires et celles des décideurs au sujet de l'énergie et des changements climatiques. Ces rapports reconnaissent le rôle vital de la technologie et suggèrent une meilleure compréhension de ses dimensions sociales, politiques et organisationnelles, comme passages obligés pour accélérer la transition énergétique sobre en carbone.

1.1 CONTEXTE DU MÉMOIRE

Dans la foulée du lancement de la politique énergétique : *L'énergie des Québécois – Source de croissance en 2016*, Transition énergétique Québec (ci-après TEQ) a été créé par le gouvernement pour mener la coordination et l'élaboration d'un premier plan directeur gouvernemental en transition, innovation et efficacité énergétique. Ce mémoire s'inscrit ainsi dans le processus consultatif de Transition énergétique Québec pour présenter l'importance de la transdisciplinarité et de la recherche en opérationnalisation du développement durable lorsqu'on aborde les enjeux de transition énergétique.

La consultation propose huit thématiques qui ciblent les secteurs suivants :

- bâtiment résidentiel ;
- bâtiment commercial et institutionnel ;
- transport de personnes ;
- transport de marchandises ;
- industrie ;
- innovation ;
- bioénergies ;
- aménagement du territoire.

Le présent mémoire traitera des thématiques de la consultation dans son ensemble, mais pas de toutes les thématiques spécifiquement.

2 CONCEVOIR NOS POLITIQUES AUTREMENT

L'apport des sciences sociales est incontournable pour penser et mettre en œuvre la transition énergétique. Cette section présente une réflexion sur la transdisciplinarité, sur la gouvernance, sur les niches de transition et sur les politiques publiques.

2.1 DE L'IMPORTANCE DE LA TRANSDISCIPLINARITÉ POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Par Marie-Andrée Caron (Centre OSE, UQAM), Olivier Riffon (Chaire en éco-conseil, UQAC) et Johanne St-Charles (Cinbiose, UQAM)

Pour Létourneau (2008), la transdisciplinarité se présente comme une ouverture et comme une recherche par rapport à un réel complexe, qui dépasse les théories et disciplines. La transdisciplinarité désignerait une approche qui irait plus loin que les efforts d'interdisciplinarité, qui impliqueraient aussi la nécessité de regarder au-delà et entre les disciplines elles-mêmes. L'approche transdisciplinaire répond ainsi à l'intuition de base selon laquelle le réel qui nous intéresse est plus riche et vaste que ce que nous en connaissons, elle intègre un discours sur la multiplicité des niveaux de réalité.

Dans l'objectif de transition énergétique, une approche transdisciplinaire pourrait nécessiter une mobilisation à la fois :

- 1) de différentes disciplines (sciences fondamentales, appliquées, sociales, humaines, politiques, économiques, éducatives, administratives, etc.) dans une perspective interdisciplinaire ;
- 2) de différents secteurs d'activités (mobilité, santé, urbanisme, ressources naturelles, matières résiduelles, etc.) dans une perspective intersectorielle ; et
- 3) de différents niveaux de réalité (intergénérationnelle, du profane à l'expert, de la gouvernance locale à la gouvernance internationale, etc.) (Figure 1).

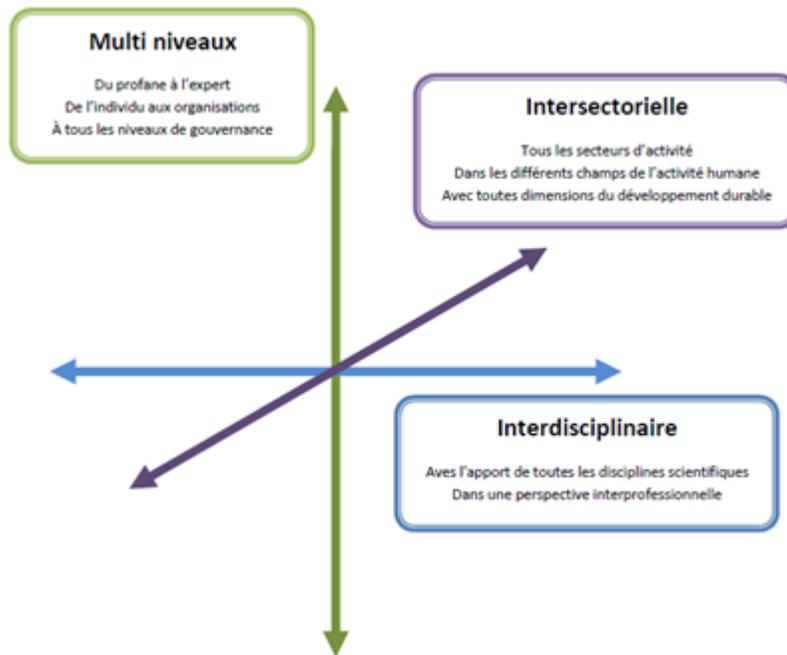


Figure 1 : La transdisciplinarité, dans une perspective de dialogue, de collaboration et de co-construction (Riffon, 2017)

Actuellement, beaucoup d'efforts sont investis dans la recherche d'innovations énergétiques, notamment au niveau des nouvelles technologies. Il nous semble toutefois indispensable, toujours dans une perspective transdisciplinaire, de ne pas négliger l'importance de l'apport des sciences humaines et sociales dans ce processus de transition. S'il existe des blocages économiques et politiques à la transition, les blocages individuels et culturels sont également susceptibles de freiner la transition et de limiter fortement la portée des actions qui seront mises de l'avant.

Les approches réglementaires et technologiques sont évidemment nécessaires, mais il n'en demeure pas moins que la transition énergétique repose en grande partie sur les choix et les efforts individuels, ce qui implique l'adoption de nouveaux comportements et de nouvelles habitudes. Les décisions individuelles sont souvent orientées par le présent et le court terme, et conditionnées par nos émotions, nos perceptions, nos réflexes et par le regard des autres (FAQDD, 2017).

La mise en œuvre de la transition énergétique impose toutefois la prise de décisions éclairées et guidées par des enjeux à long terme. C'est pourquoi il est selon nous nécessaire de référer, dans la réflexion et l'action, aux connaissances et théories récentes sur les changements de mentalités, de comportements et d'habitudes, afin de comprendre comment ces changements s'opèrent.

Plusieurs recherches récentes dans le domaine de la sociologie, de la communication, de la psychologie, de l'anthropologie, du marketing et des neurosciences nous permettent de mieux comprendre les facteurs qui influencent la prise de décision, l'acceptation de nouvelles contraintes et l'adoption de nouveaux comportements chez les individus et dans les organisations. De nouvelles approches de marketing social prennent en compte les caractéristiques fondamentales de l'humain (êtres sociaux d'émotion, d'intuition, d'habitude, etc.) dans la construction des messages qui visent à développer de nouveaux comportements. Des modèles expliquent les étapes qu'un individu doit franchir pour modifier un comportement, notamment le modèle de Prochaska et Diclemente. Des outils de communication différents peuvent être mobilisés selon que le public ciblé est sensibilisé ou non, s'il est prêt à passer à l'action ou s'il a déjà expérimenté le nouveau comportement. Des études expliquent la dynamique

d'adoption d'une innovation par un ensemble d'individus (Rogers, 2003) et les facteurs qui en facilitent l'appropriation, notamment en prenant en compte l'effet des réseaux de relations dans l'adoption d'innovation.

Les publicitaires ont saisi l'importance de ces nouveaux savoirs et adaptent leurs stratégies de communication en conséquence. Dans une perspective de communication sociale, il est également nécessaire d'intégrer ces connaissances afin d'accélérer l'adoption de nouveaux comportements, d'optimiser la mobilisation des individus et des organisations, et d'utiliser les théories du changement de comportement comme un outil permettant d'accélérer la transition énergétique au Québec.

Bref, les recherches à ce jour sur la transdisciplinarité se déclinent en trois principales approches, montrant la grande variété des enjeux de gouvernance des niches de transition, impliquant des chercheurs et des acteurs terrain de divers secteurs disciplinaires (Caron, Turcotte, Lachance et Ghozzi-Nékhili, 2017). Une première propose des outils de résolution des conflits ou mésententes amenés par les divergences de paradigmes, une deuxième documente le processus par lequel un nouveau savoir totalement différent des savoirs souches est créé (faisant largement appel à la modélisation mathématique) et enfin une troisième approche est élaborée autour de la ressource à restaurer, se greffant aux consortiums de recherche réunissant des acteurs de la science et du politique et des citoyens. Nous proposons donc la mise en place de forums de discussion permettant d'identifier les enjeux prioritaires des niches de transition en développement et d'élaborer le modèle de gouvernance transdisciplinaire approprié à chaque cas, en prenant appui sur les très nombreuses expérimentations internationales en la matière.

2.2 GOUVERNANCE ET INNOVATION SOCIALE

Par Marie-Andrée Caron (Centre OSE, UQAM), Olivier Riffon (Chaire en éco-conseil, UQAC) et Johanne St-Charles (Cinbiose, UQAM)

Les questions de gouvernance sont transversales à la transition énergétique. Or, cette question n'est abordée que de manière implicite dans la consultation. Nous jugeons toutefois que les modalités de gouvernance de la transition énergétique doivent être réfléchies et discutées, dans une perspective transdisciplinaire, de manière à identifier les verrous politiques, législatifs économiques, sociaux et culturels qui ralentissent le rythme de la transition énergétique, alors que les enjeux sont plus critiques que jamais.

Dans un article paru en 2011, Grin, Rotmans et Schot analysent les trajectoires de transition à l'aide d'un modèle à trois niveaux : les niches de transition, les régimes sociotechniques et les paysages (figure 2).

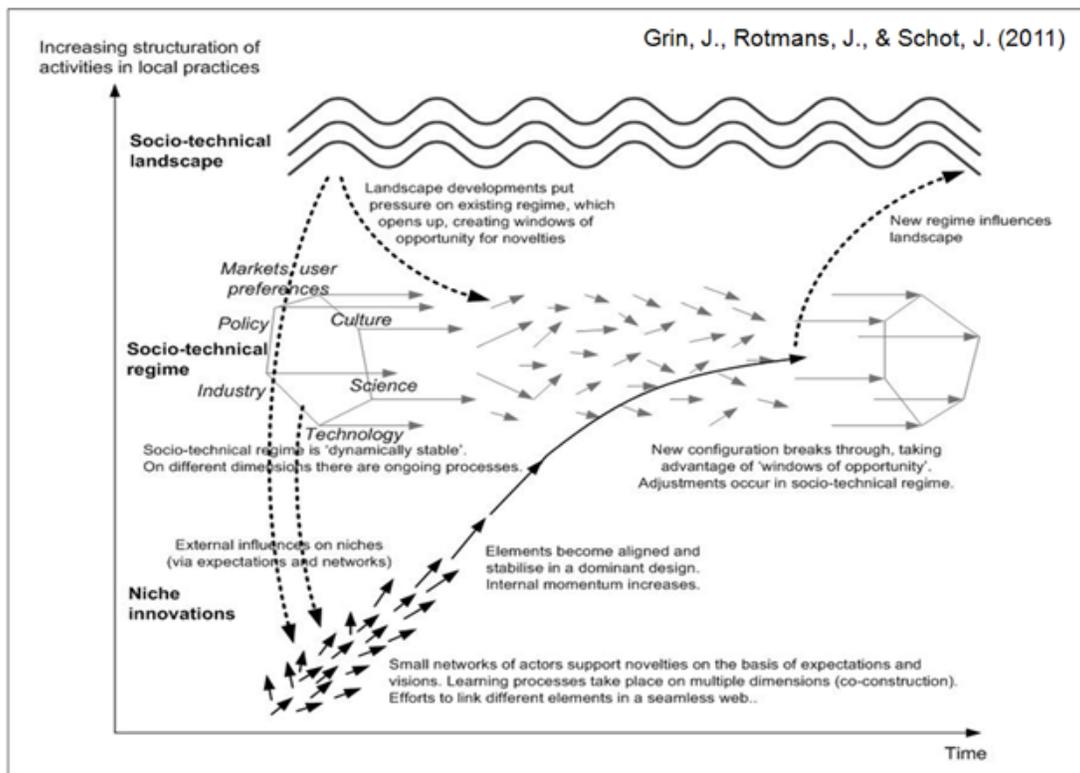


Figure 2 : Dynamique d'une trajectoire de transition, selon Grin, Rotmans et Schot (2011)

Selon ce modèle, la transition énergétique serait justifiée par des changements à l'échelle des paysages : changements climatiques, hausse de la demande en énergie, épuisement éventuel des ressources fossiles, maîtrise grandissante des énergies renouvelables. Ces changements à l'échelle des paysages mettent les régimes sociotechniques (politiques, technologies, culture, marché, industries, etc.) sous pression. C'est souvent à l'échelle de ces régimes que les plus grandes résistances sont observées : un des buts des régimes est de se maintenir dans le temps dans une relative stabilité. Les facteurs qui bloquent ou ralentissent la transition énergétique sont en effet souvent d'ordre politique, législatif, économique, technologique ou culturel. Les pressions actuelles dans les paysages imposent toutefois une adaptation de ces régimes afin de limiter les impacts de l'approvisionnement énergétique sur l'environnement, sur la société et son économie. Ces pressions créent des fenêtres d'opportunités pour le changement, ou pour une reconfiguration des régimes sociotechniques, ce que vise la transition énergétique.

À plus petite échelle, il est possible d'observer une multitude de niches de transition. Les niches sont des entreprises, des organisations, des groupes de recherche, des projets, des innovations, des initiatives ou des groupes d'acteurs et d'actrices qui proposent, explorent et expérimentent des alternatives afin d'offrir des réponses mieux adaptées, en réaction ou en anticipation aux changements dans les paysages. Au Québec, les niches de transition dans le domaine énergétique sont nombreuses. Autant au niveau des groupes de recherche (comme le démontre la suite de ce mémoire) qu'au niveau des entreprises et associations, le Québec peut compter sur de nombreux acteurs à la source de nombreuses innovations qui peuvent alimenter la transition énergétique.

Or, pour optimiser le potentiel de ces niches et accentuer leurs effets sur la reconfiguration des régimes sociotechniques (une condition de la transition), il est nécessaire de fédérer l'action de ces acteurs de manière à rendre leurs interventions plus cohérentes, plus coordonnées et plus efficaces. Les processus de dialogues, d'apprentissages mutuels et de co-construction entre les acteurs des différentes niches de transition facilitent la convergence des actions et augmentent le potentiel de transformation des régimes.

C'est pourquoi nous suggérons que la gouvernance en matière de transition énergétique se fasse avec une considération constante pour l'ensemble des parties prenantes.

C'est dans cette perspective que nous proposons la mise en place de structures de gouvernance qui permettent de mobiliser et de coordonner l'action des nombreux acteurs de la transition énergétique déjà actifs au Québec (recherche, action et opérationnalisation, sensibilisation), dans une perspective transdisciplinaire, afin d'accélérer la transition.

2.3 DES POLITIQUES ÉNERGÉTIQUES AUDACIEUSES

Par Mohamed Benhaddadi (Cégep du Vieux-Montréal), Jean-François Desgroseilliers (Polytechnique Montréal), Pierre-Olivier Pineau (Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC) et Érick Lachapelle (Université de Montréal).

Au Canada, comme ailleurs, le secteur de l'électricité connaît des changements très rapides, notamment à cause des progrès technologiques récents. Ces forces permettraient une transition axée sur l'efficacité énergétique. Ce secteur a donc le potentiel de contribuer significativement à la réduction de la part des combustibles fossiles dans le mix énergétique (World Energy Council, 2013).

Pour y arriver, le pays doit se doter de politiques énergétiques audacieuses et ambitieuses qui incluent des objectifs d'efficacité énergétique, et de production d'électricité faible en carbone (hydroélectrique, éolien, solaire) et des réformes tarifaires pour favoriser les bons comportements. Certaines provinces ont déjà établi des systèmes de tarification du carbone, mais il est essentiel que le prix reflète les coûts directs et indirects du carbone et de l'énergie. Étant donné les controverses que susciterait une approche nationale (au sujet notamment des niveaux de plafonnement des secteurs économiques couverts ou de l'attribution des revenus), il semble politiquement plus opportun d'établir des mécanismes de coordination et de renforcement de ces systèmes provinciaux. La distribution des revenus provenant de la tarification du carbone joue un rôle crucial dans la construction de la légitimité économique-politique de cette mesure. À l'heure actuelle, les prix du carbone politiquement acceptables sont encore trop bas pour obtenir un changement des comportements. Une bonne façon de renforcer le soutien public à une augmentation de la tarification du carbone serait d'affecter l'essentiel des recettes perçues à des politiques et incitatifs complémentaires de réduction des GES (Ambdur, Rabe et Borick, 2014).

RECOMMANDATIONS POUR CETTE SECTION :

1. Mettre en place des structures de gouvernance qui permettent de mobiliser et de coordonner l'action des nombreux acteurs de la transition énergétique déjà actifs au Québec (recherche, technologie, sensibilisation), dans une perspective transdisciplinaire, afin d'accélérer la transition;
2. Mobiliser les connaissances sur les changements de mentalités et mettre en œuvre les moyens nécessaires afin d'accompagner le nécessaire changement des comportements chez les individus et les organisations;
3. Établir des politiques énergétiques qui incluent des objectifs d'efficacité énergétique et de production d'électricité faible en carbone et des réformes tarifaires;
 - 3.1 Réforme tarifaire : établir des mécanismes de coordination et de renforcement des systèmes provinciaux de tarification du carbone;
 - 3.2 Réforme tarifaire : affecter l'essentiel des recettes perçues à des politiques et incitatifs complémentaires de réduction des émissions de GES.

3 NOUS DÉVELOPPER DURABLEMENT

Les politiques et incitatifs à la réduction des GES font l'annonce des intentions gouvernementales et catalysent ainsi les prochaines étapes d'opérationnalisation d'actions en DD dans les différents secteurs économiques, comme la foresterie, le bâtiment et le développement urbain.

3.1 AMÉNAGER NOTRE TERRITOIRE AUTREMENT

Par Paul Lewis (Université de Montréal), André Potvin (CIRCERB, Université Laval), Catherine Potvin (Institut Trottier, McGill et Juan Torres (Université de Montréal)

L'organisation spatiale de nos milieux de vie fait de l'automobile un outil très important, voire incontournable dans beaucoup de cas. À son tour, l'utilisation croissante de l'automobile favorise un aménagement territorial atomisé, de faible densité, marqué par l'éparpillement de nos lieux d'activités : logements, emplois, commerces et services, etc. C'est ainsi que se sont développées les villes dans la seconde moitié du 20^e siècle, renforçant notre dépendance à l'automobile (Dupuy, 2006) et rendant de plus en plus difficile l'utilisation d'autres modes de déplacement, comme la marche, le vélo et les transports en commun.

L'aménagement du territoire peut réduire la dépendance automobile, en favorisant d'autres modes de déplacement et même leur utilisation combinée, lors des chaînes intermodales de déplacement. Les principes pour un aménagement plus durable du territoire sont nombreux (diversité fonctionnelle, mixité sociale, densité, etc.), mais ils convergent tous dans l'objectif de créer des structures urbaines compactes, attractives, reliées entre elles par des réseaux performants de transport collectif (Vivre en ville, 2013). Il s'agit de contribuer à la compétitivité des villes à l'échelle métropolitaine sans compromettre la qualité de vie à l'échelle du quartier.

Densifier représente toutefois un défi, si ce n'est que la résistance des citoyens peut être forte. Le design urbain doit donc être soigné et conçu autour des points d'accès aux réseaux de transport collectif pour assurer l'attractivité des quartiers plus denses. La tendance à la densification est cependant bien inscrite, tant dans les zones centrales qu'en banlieue. Il faut profiter de ce mouvement et l'utiliser comme un vecteur d'innovation.

Au Québec, 81 % de la population vit dans des agglomérations urbaines (Statistique Canada, 2011) où se concentrent richesses, innovations, institutions d'enseignement, consommation d'énergie et émissions de GES, ainsi que pauvreté et vulnérabilité. Notre vision d'une transition énergétique intégrée dépend de l'articulation fine entre villes et bâtiments.

En 2001, 52 % des populations québécoise et canadienne vivant dans des régions métropolitaines habitaient des quartiers à moyenne ou forte densité, et 48 % se concentraient à l'intérieur d'un rayon de 9 km d'un centre-ville (Statistique Canada, 2011b). Cependant, partout au Québec et au Canada, les villes augmentent leur densité urbaine, font des usages multiples du territoire, favorisent des modes de transport autres que l'automobile, et ce, tout en encourageant des constructions respectueuses de l'environnement et une réduction de la consommation énergétique. Les villes acceptent leur rôle de meneur et font figure de précurseurs en introduisant de nouveaux outils et programmes visant à soutenir la transition vers une société sobre en carbone (Bulkeley et Betsill, 2005). La grande proximité entre les administrations municipales et leurs électeurs offre des occasions privilégiées pour l'administration d'interagir avec les entreprises, les groupes communautaires et les citoyens afin de les mobiliser, par le

biais des choix de mode de vie et du changement de comportement, à la conservation de l'énergie (Sheppard et coll., 2015).

La planification et la gestion de la croissance urbaine ont un rôle central dans la transition énergétique sobre en carbone puisqu'elles affectent la consommation d'énergie à la fois en ce qui concerne l'environnement bâti et la mobilité (O'Brien, W. et al., 2010). La transition requiert un changement planifié vers des formes plus compactes et autosuffisantes, tant pour les nouvelles communautés que les existantes (Sheppard, Pond et Campbell, 2008). Ce changement est déjà en cours ; entre 2011 et 2016, la densité de population a augmenté dans toutes les zones métropolitaines québécoises (Statistiques Canada, 2017). La planification stratégique du territoire peut offrir des bienfaits environnementaux, économiques et sociaux aux régions urbaines et rurales, notamment une résilience face aux conséquences de conditions météorologiques extrêmes, une protection offerte à l'agriculture, ainsi qu'une amélioration des avantages relatifs à la culture, aux loisirs, à la santé publique, à l'équité sociale et à l'éducation.

La planification du territoire et des espaces ouverts est étroitement liée à la mobilité, car la conception de ville « intelligente » permet de réduire les besoins de déplacements et de créer des espaces pour la mobilité active, comme la marche et le vélo. Dans ce contexte, les « infrastructures vertes » des régions urbaines deviennent des éléments importants des infrastructures publiques indépendamment de la taille de la zone urbaine¹. Dans le même ordre d'idée, la « croissance urbaine intelligente » est une manière de planifier l'espace urbain qui prévoit des équipements de haut niveau, la mixité de l'usage des sols, des densités moyennes à élevées de l'habitat de même que tous les services (eau, déchets, énergie, transports, bâtiments, etc.), et ce, de façon viable, propre, accessible, intégrée et interconnectée par les technologies de pointe.

De nouveaux projets de développement urbain « intelligent » comprenant des incitatifs pour renforcer la résilience écologique et réduire la dépendance à l'automobile, nécessiteront des investissements considérables. Le financement provenant de la taxe foncière n'est probablement ni suffisant ni adéquat, car il incite à un type de développement dirigé par des promoteurs. Des approches nouvelles de financement pourraient être envisagées, notamment réduire les dépenses actuelles prévues pour les routes et les autoroutes. Un changement de paradigme essentiel à la planification municipale et provinciale permettrait de considérer les bénéfices que les paysages naturels ou bâtis apportent par exemple comme la lutte aux îlots de chaleur urbains et la lutte contre les inondations et l'érosion (Hough, 2004).

NOS RECOMMANDATIONS POUR CETTE SECTION :

1. Créer des structures urbaines compactes, attractives, reliées entre elles par des réseaux performants de transport collectif;
2. Intégrer l'aménagement dans les politiques de planification des infrastructures, d'utilisation des terres, du transport et de l'énergie;
3. À court terme, reconnaître l'importance des infrastructures écologiques et de la « croissance urbaine intelligente ».

¹ « Infrastructure verte » se définit comme le réseau constitué par l'ensemble physique et fonctionnel des infrastructures naturelles et des technologies vertes qui contribuent à ce que les fonctions des écosystèmes fournissent davantage de bénéfices environnementaux, sociaux et économiques <http://www.asla.org/greeninfrastructure.aspx>

3.2 CONSTRUIRE NOS BÂTIMENTS DANS LA TRANSITION

Par André Potvin (CIRCERB, Université Laval), Catherine Potvin (McGill) et Daniel Pearl (Université de Montréal)

Au Québec, les conditions climatiques rigoureuses entraînent une dépense énergétique considérable pour le chauffage, représentant 64 % de la consommation totale d'énergie pour le secteur résidentiel et 49 % pour le secteur commercial (Office de l'efficacité énergétique, 2016). Cependant, contrairement au reste du Canada et à l'exception du Manitoba, la majeure partie de la réponse au chauffage (66 % du secteur résidentiel et 51 % du secteur commercial et institutionnel) provient de source hydroélectrique renouvelable. Le gaz naturel (7 % résidentiel et 41 % commercial) et la biomasse suffisent à combler le reste de la demande de chauffage. Finalement, ces deux secteurs ne contribuent donc qu'à 9 % des émissions totales de GES de la province (Environnement et Changement climatique Canada, 2016), mais des économies d'énergie substantielles pourraient encore être réalisées dans ces secteurs pour être utilisées dans l'électrification des transports et ainsi contribuer à la réduction provinciale des GES. De plus, c'est que le domaine « du bâtiment présente le potentiel d'atténuation des GES le plus efficient, c'est-à-dire la tonne de réduction de CO₂ la moins coûteuse de tous les secteurs » (IPCC 2007 et 2014, cité dans CIRODD, 2015), ce qui rend d'autant plus pertinent d'y déployer des efforts.

D'autre part, on observe au Québec que de 1990 à 2013, la consommation énergétique annuelle par mètre carré est passée de 1,3 à 0,8 GJ, soit une diminution de 36 %. Cette baisse est liée à une amélioration de l'efficacité énergétique dans les bâtiments, mais aussi au réchauffement climatique. La quantité d'énergie consommée par ménage annuellement n'a cependant diminué que de 24 % (de 139 GJ/an à 106 GJ/an). L'augmentation de 18 % de la surface moyenne de plancher à la disposition des ménages entre 1990 et 2013 explique cette contradiction (Chaire de gestion du secteur de l'énergie HEC Montréal, 2017). S'il est difficile de limiter la dimension des logements, cet exemple démontre qu'il est relativement facile d'augmenter la conservation énergétique du secteur du bâtiment. Une densité urbaine juste pourrait ainsi optimiser l'espace disponible et permettre des stratégies bioclimatiques de chauffage solaire passif et conduire à des économies d'énergies. Le secteur du bâtiment, principal consommateur d'énergie, pourrait donc devenir chef de file sur le plan de la réduction de la consommation d'énergie et des émissions de GES du Québec.

En 2035, près des trois quarts des bâtiments au Québec et au Canada seront neufs ou rénovés. Un code du bâtiment plus ambitieux pourrait être développé pour améliorer l'efficacité énergétique dans les secteurs résidentiel et commercial pour atteindre les cibles d'Architecture 2030 (Architecture 2030, 2014). Un tel code inclurait des normes rigoureuses de rendement comme le label PassivHaus (<15kWh/m²)² d'ici 2050 (Gouldson et coll., 2015) et prendrait en compte l'évaluation post-occupationnelle dans les projets de bâtiment durable. Bien qu'il soit plus simple d'atteindre de standards élevés lors de la conception de nouveaux sites et édifices, 75 % des maisons ont été construites avant 2000 (Ressources naturelles Canada, 2015). Il faudra aussi adopter une législation pour rendre publique l'analyse comparative énergétique (*benchmarking*)³. En supposant un cycle de rénovation de 30 ans, le parc immobilier actuel doit ou devra bientôt être rénové au plus haut standard de conservation d'énergie (Sandberg et coll., 2016). Il faudra aussi promouvoir des approches phasées « élastiques », ajustables avec le temps, pour la nouvelle construction autant que pour revitaliser et transformer des bâtiments vieillissants et même des lotissements communautaires vieillissants. Ultimement, des bâtiments à énergie zéro, voire même positive sont envisageable pour le Québec, comme en fait foi la nouvelle bibliothèque à consommation nette zéro de la ville de Varennes au Québec (Canadian Consulting Engineer, 2016). De plus, l'innovation en design est à la base de tout changement quantique (comme de construire des

² Il s'agit de l'intensité maximale permise pour obtenir le label PassivHaus.

³ Voir le document produit par le CBDCA en annexe : « Analyse comparative énergétique, établissement de rapports et divulgation des résultats au Canada - Un guide pour la création d'un cadre commun »

bâtiments complexes en structure du bois — même à moyenne hauteur), mais nous n'avons pas des mécanismes pour partager le risque d'une façon équitable parmi les acteurs du milieu — du client aux consultants.

Des règlements de construction plus stricts représentent certes des coûts supplémentaires pour les promoteurs immobiliers, et des heures de travail supplémentaires pour les travailleurs. Les efforts pour changer les pratiques de l'industrie pourraient être appuyés par l'amélioration de la formation de la main-d'œuvre, un financement par les gouvernements, des incitations financières à mieux construire, associés à des bâtiments plus durables et efficaces, ainsi que par des mesures dissuasives visant les promoteurs qui ne suivent pas les lignes directrices des pratiques exemplaires.

Le design et la technologie existent pour créer des bâtiments plus respectueux de l'environnement sans coûts supplémentaires nets, en diminuant la demande en énergie en augmentant l'efficacité énergétique et en prenant le virage des sources d'énergie à faibles émissions de GES (Cole, 2013). Les options pour un chauffage provenant à 100 % d'énergie renouvelable incluent l'hydroélectricité, l'énergie solaire, la biomasse et la géothermie. Comparativement au secteur du transport, l'évolution du secteur du bâtiment est lente, mais durable et nécessite des investissements considérables. Les voies possibles à suivre pour faire progresser les nouveaux développements urbains comportent des exigences en matière d'éclairage naturel, de chauffage et de refroidissement de type passif, et d'utilisation d'énergie active renouvelable. Les bâtiments existants pourraient être rénovés sur la base de normes élevées d'efficacité énergétique et bénéficier de subventions gouvernementales fédérales ou provinciales (Harvey, 2014). La politique de « Payez tout en économisant » élaborée au Royaume-Uni pour l'efficacité énergétique des bâtiments est un modèle intéressant qui pourrait être considéré pour les bâtiments existants (UKGBC, 2017).

Une planification écoénergétique intégrée doit donc renforcer les synergies aux échelles du territoire, de la ville et du bâtiment pour accélérer la transition énergétique tout en améliorant la qualité de vie des résidents. La figure suivante, tirée du rapport *Rebâtir le système énergétique canadien — Vers un avenir sobre en carbone* synthétise graphiquement le concept d'effet multiplicateur pour guider une prise de décision interscalaire et séquentielle favorisant une transition énergétique rapide et intégrée (Potvin et coll., 2017). L'effet multiplicateur suggère qu'il est possible de diminuer drastiquement l'intensité énergétique tout en augmentant les cobénéfices sociaux, environnementaux et économiques.

En terminant, il faudra aussi que le gouvernement porte une attention particulière pour aider les clients les plus vulnérables à résoudre leurs défis de réduction d'énergie (et même à les soutenir vers une production d'énergie positive), pour garantir une abordabilité pérenne.

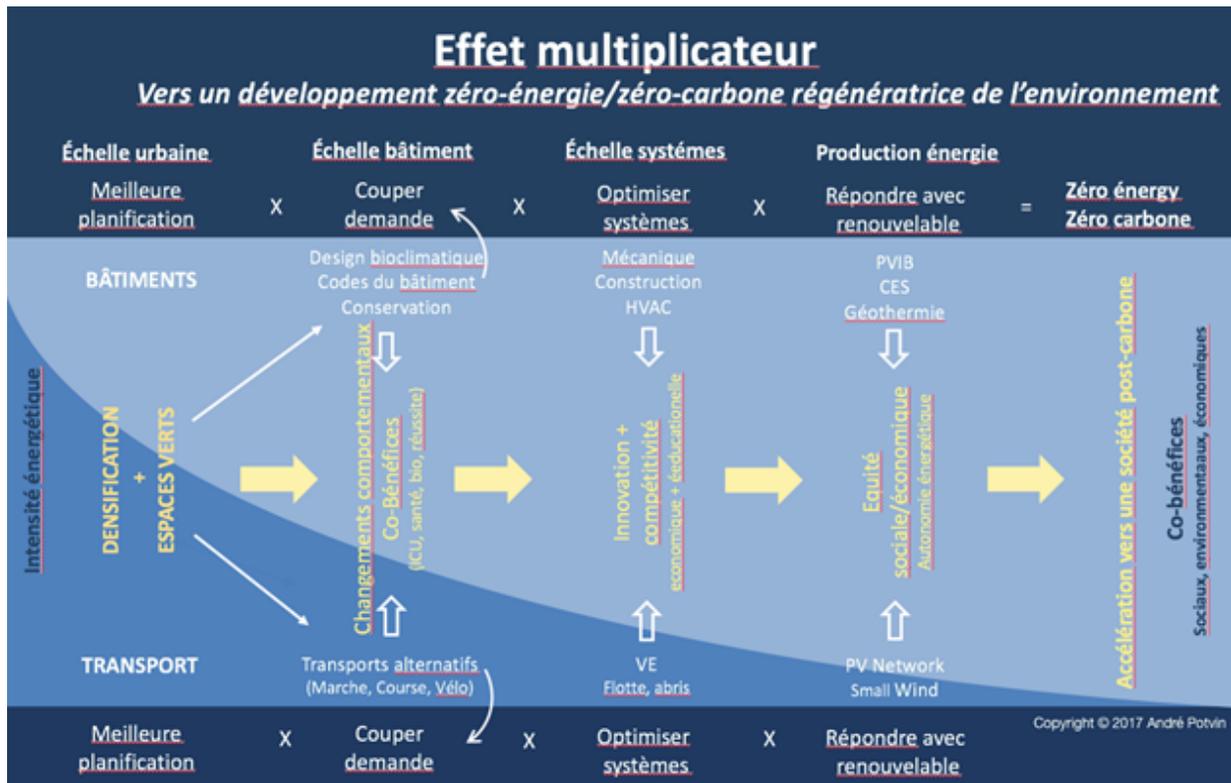


Figure 3 : Effet multiplicateur pour l'accélération de la transition énergétique vers une société post-carbone.

NOS RECOMMANDATIONS POUR CETTE SECTION :

1. Soutenir la transformation du secteur du bâtiment en un secteur neutre en énergie ou même au bilan énergétique positif.
2. Échelle urbaine : une meilleure planification des villes et du territoire par une densité juste et l'intégration d'espaces verts représentent la première étape de cette démarche intégrée en ouvrant la porte à un développement écoénergétique des bâtiments et une diversité d'options de transports publics et actifs tout en favorisant entre autres la biodiversité, le contrôle des îlots de chaleur et la résilience aux changements climatiques;
3. Échelle du bâtiment : des normes strictes de conservation et d'efficacité énergétique (isolation et étanchéité) ainsi que des stratégies bioclimatiques telles que l'éclairage naturel, le chauffage et le refroidissement passifs permettent de changer les comportements et de diminuer drastiquement la demande tout en procurant des cobénéfices au niveau de la santé, de la productivité et du bien-être de la population;
4. Échelle systèmes : l'augmentation de l'efficacité énergétique des équipements et des réseaux de services publics de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, de systèmes de contrôle et d'autres appareils permet de répondre à une demande réduite tout en favorisant l'innovation technologique et la compétitivité économique de nos industries de pointe.
5. Échelle politique : Élaborer un code du bâtiment plus ambitieux

3.3 LE TRANSPORT DE PERSONNES

Par Jérôme Laviolette (Fondation David Suzuki) et Catherine Morency (Chaire de recherche Mobilité, Polytechnique Montréal)

Les documents préparés par TEQ font remarquer que le secteur du transport des personnes utilise 19 % de l'énergie consommée au Québec et que 99 % de cette énergie provient de produits pétroliers. Les impacts de cette dépendance aux produits pétroliers se reflètent dans les émissions de GES dont le secteur des transports est le principal émetteur et celui dont la croissance depuis 1990 a été la plus importante. Cette situation n'est pas surprenante lorsqu'on observe que le nombre de véhicules par habitant et la taille des véhicules ont fortement augmenté durant la même période (Whitmore et Pineau, 2016).

Au niveau de l'utilisation, les plus récentes statistiques sur la mobilité des personnes publiées par Statistique Canada confirment d'ailleurs qu'à l'échelle de la province, malgré une légère augmentation de l'utilisation du transport collectif, la part de l'automobile pour les déplacements domicile-travail est restée relativement stable entre 1996 et 2006, passant de 79,08 % à 78,24 % (Statistique Canada, 1996/2016). Les données d'enquête Origine-Destination pour la grande région de Montréal n'indiquent pas non plus une baisse significative de la part des déplacements effectués en voiture et confirment plutôt que certains déplacements se font de plus en plus en automobile, comme les déplacements des enfants vers l'école. Ces constats appellent donc à une planification intégrée de la mobilité pour favoriser les alternatives à l'automobile et surtout à son utilisation en solo.

À cet égard, il nous apparaît aberrant que plus de la moitié (8/15) des mesures présentées par TEQ et débattues lors de la consultation du 21 novembre portaient sur l'amélioration énergétique des véhicules plutôt que sur le transfert vers des alternatives plus durables. Il est nécessaire de rappeler que la dépendance de la société québécoise envers l'automobile n'a pas comme unique conséquence de générer des émissions de GES et de particules fines. En effet, l'utilisation de l'automobile a des impacts sur la sécurité des usagers les plus vulnérables, sur la qualité de vie, la santé humaine, les finances personnelles des Québécois et l'économie en général. Pour pouvoir délaissé leur voiture, les Québécois doivent avoir accès à une diversité d'options de mobilité et celles-ci doivent être efficaces, équitables, sécuritaires, confortables et fiables. Une planification intégrée doit permettre de pouvoir identifier et financer les projets de transports collectifs ayant le plus grand potentiel de transfert modal, de prioriser les aménagements urbains favorisant les déplacements à la marche et à vélo et de réduire les barrières au déploiement de solutions d'autopartage et de covoiturage (et d'autres options alternatives à l'automobile). L'un des aspects clés d'une accélération de l'adoption de ces modes réside dans l'intégration de ceux-ci au sein du concept de mobilité en tant que service (*Mobility as a service*).

Le développement de ces alternatives, combiné à une plus grande sensibilisation de la population aux enjeux liés à la place accordée à la voiture, nous apparaît essentiel au déploiement, en parallèle, de mesures visant à rendre la voiture moins attrayante. Une vraie transition vers une mobilité durable au Québec ne pourra s'effectuer qu'à travers des mesures de tarification qui permettront d'internaliser les externalités de la possession et de l'usage de la voiture dans ses coûts d'acquisition, de possession et d'usage. Ces mesures doivent évidemment être combinées à une meilleure gestion du stationnement et à un rééquilibrage des temps et des espaces urbains accordés aux usagers recourant aux modes collectifs et actifs.

NOS RECOMMANDATIONS POUR CETTE SECTION :

1. Définir des cibles claires et ambitieuses de réduction du nombre de véhicules sur les routes dans la politique énergétique et établir les mesures permettant d'atteindre ces cibles;
2. S'appuyer sur la littérature la plus récente et l'expertise des chercheurs québécois pour évaluer les impacts, les coûts ainsi que le potentiel de changement de comportement de mobilité des mesures et projets de transport de personnes. Prioriser les mesures les plus efficaces dans une perspective de transition énergétique sur la base de ces analyses.

3.4 LES BIOÉNERGIES

Mohamed Benhaddadi (Cégep du Vieux-Montréal)

La conversion de la biomasse en électricité, en chaleur et en combustibles peut servir à combler les besoins énergétiques de plusieurs secteurs, tels que l'industrie, le transport, le chauffage domestique, tout en contribuant à la réduction des émissions de GES. D'ailleurs, la bioénergie permet actuellement de subvenir à 6 % de l'approvisionnement énergétique du Canada (Ressources Naturelles Canada, 2017), alors que les biocombustibles produits localement combinent plus de 7 % des besoins énergétiques du Québec (Ministère de l'Économie, Science et Innovation du Québec, 2017). Il faut dire que le Québec a la chance de posséder de la biomasse résiduelle en abondance et une industrie des pâtes et papier et agroalimentaire prolifique et avec lesquelles les synergies avérées donnent une valeur ajoutée. Ainsi, le secteur forestier se trouve d'autant plus porteur en matière de lutte aux changements climatiques qu'il offre de réelles occasions d'opérationnalisation du développement durable, en multipliant les co-bénéfices économiques, sociaux et environnementaux.

Par ailleurs, au Québec comme ailleurs, la première génération de biocarburants était issue de plantes alimentaires (maïs, blé, canne à sucre, etc.) ou de matières résiduelles comestibles, ce qui a généré une inflation sur ces produits agricoles et même engendré des émeutes dans certains pays. Par contre, la 2^e génération de biocarburants est issue de résidus forestiers et agricoles non comestibles, de cultures dédiées. Parmi ces carburants de 2^e génération à base de résidus forestiers et agricoles se trouve l'éthanol cellulosique dont le Québec est un chef de file mondial reconnu. La mobilisation des connaissances pour la compréhension de l'éthanol cellulosique a été un des paramètres fondamentaux qui ont permis d'assurer ce leadership qui doit être maintenu en se positionnant dès maintenant sur la future génération, à base de microorganismes.

NOS RECOMMANDATIONS POUR CETTE SECTION :

1. Poursuivre l'appui financier et la coordination de la recherche appliquée sur les biocarburants de 2^e génération (éthanol cellulosique) et commencer à travailler sur les carburants de 3^e génération (usage de microorganismes);
2. Promouvoir la consommation de bioénergie par des mesures de soutien pour la conversion de systèmes fonctionnant aux énergies fossiles vers les bioénergies, ainsi que le financement de projets de bioénergie électricité-biomasse.

3.5 LE POTENTIEL DES TECHNOLOGIES DE RUPTURES DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Mohamed Cheriet (Laboratoire Synchronmedia, École de technologie supérieure) et Darine Amedy (Laboratoire Synchronmedia, École de technologie supérieure)

Aujourd'hui, on ne peut pas penser la transition énergétique sans tenir compte de la transition numérique, qui impacte les moindres détails de la vie des citoyens et citoyennes ainsi que toutes les stratégies de développement économique et social dans la nouvelle ère de l'économie numérique verte.

Les infrastructures intelligentes des TIC, incluant les objets connectés (ou Internet des objets), les plateformes de communication nuagiques, les réseaux de nouvelles générations, le 5G, augmenté de l'analytique de données et de l'intelligence artificielle, promettent d'optimiser la gestion des ressources et de réduire de manière drastique les coûts de maintenance, avec un pilotage intelligent d'offre et de demande de l'énergie, basée sur le suivi des besoins réels selon les contextes d'utilisation. De nouveaux modèles d'affaires pourraient voir le jour et accompagner ces transitions.

En effet, la transition numérique s'accélère grâce au développement fulgurant des objets connectés, des techniques de traitement des données massives et de l'intelligence artificielle. Elle ouvre de nombreuses perspectives d'innovation pour la gestion des espaces de vie et industriels, des transports aussi bien que des processus de production, et ce pour une optimisation de la gestion des réseaux énergétiques.

Un des secteurs les plus prometteurs en efficacité énergétique et en durabilité est celui du bâtiment intelligent, dont les innovations technologiques inhérentes peuvent constituer des outils de collecte et d'analyse des données et de gestion optimale de l'espace. L'apport de ces technologies de rupture⁴ permet aux bâtiments connectés d'interagir de manière autonome et intelligente pour s'adapter aux besoins de ses utilisateurs. Citons comme exemple la résidence intelligente développée par l'équipe de recherche de Synchronmedia, qui offre la possibilité de mesurer et d'optimiser l'impact environnemental et énergétique du bâtiment.

L'intelligence artificielle introduit aussi l'opportunité de gérer en temps réel l'ajustement tarifaire et la sollicitation de services en adaptant la consommation et l'autoproduction. Des systèmes intelligents, une fois intégrés dans les parcs mobiliers, permettent de tirer avantage d'un réseau de distribution électrique intelligent, en gérant la consommation en fonction de la production énergétique, et ce, en temps réel.

Ces technologies offrent un potentiel innovant dans les outils de maintenance des bâtiments, comme l'autodiagnostic et la maintenance prédictive, en lançant des alertes et en prenant des actions correctives gérées par des algorithmes en cas de déficiences. Au-delà du bâtiment intelligent, ces technologies peuvent être généralisées, s'insérant dans un contexte plus large à l'échelle d'un quartier ou d'une ville (*smart community - smart cities*) offrant la possibilité d'une gestion, efficace, stratégique et durable des réseaux énergétiques au niveau des transports, des villes et des territoires (*smart grids*).

Une stratégie de transition énergétique peut ainsi être mieux développée, en tirant profit du potentiel important des technologies de rupture, qui peuvent révolutionner le secteur énergétique.

4 ÉVALUER GLOBALEMENT NOS ACTIONS

La complexité des enjeux de la transition énergétique ne peut être évaluée seulement sous l'angle de réduction de la consommation énergétique et des GES. Cette complexité peut cependant être évaluée par

⁴ Technologie numérique (TIC: technologies d'information et communication, données massives, intelligence artificielle, analyse des données, internet des objets, etc.)

la pensée écosystémique et l'analyse du cycle de vie, qui fournissent des outils éclairants sur des dimensions importantes d'une transition énergétique durable.

4.1 L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE : UNE APPROCHE HOLISTIQUE D'ÉVALUATION

Par Pierre-Olivier Roy (CIRAIG, Polytechnique), Sara Russo Garrido (CIRAIG, UQAM) et Pablo Tirado-Seco (CIRAIG, Polytechnique)

Afin de s'assurer que les mesures proposées et adoptées entraînent une réelle économie d'énergie et de GES, des outils d'évaluation doivent être employés. À ce titre, l'approche « cycle de vie » est un incontournable. Cette dernière est issue d'un courant de pensée qui tient compte de l'extraction et du traitement des matières premières, des processus de fabrication, du transport et de la distribution, de l'utilisation du produit fini et finalement, du recyclage et de la gestion des matières résiduelles en fin de vie.

La pensée « cycle de vie » a comme principal objectif de permettre la réduction des impacts globaux des produits et des services, en orientant la prise de décision. Il s'agit plus particulièrement d'éviter que des améliorations à une étape du cycle de vie ne soient la résultante d'une exportation des problèmes vers d'autres sites ou d'une catégorie d'impact (p. ex. changement climatique, toxicité humaine, acidification, consommation d'eau) à une autre. L'outil permettant d'incorporer l'approche cycle de vie est l'analyse du cycle de vie (ACV).

L'analyse environnementale du cycle de vie (AeCV) est une méthode régie par l'Organisation internationale de normalisation (ISO, normes de la série 14 040), qui permet d'évaluer les conséquences environnementales d'un produit ou d'une activité sur l'ensemble de son cycle de vie. L'AeCV implique l'identification et la quantification des entrants et des sortants (de matière et d'énergie) reliés au produit ou à l'activité évalués durant l'ensemble de son cycle de vie, ainsi que l'évaluation des impacts potentiels associés à ces entrants et sortants. Elle permet donc de prendre de bonnes décisions basées sur une comparaison des impacts environnementaux de plusieurs alternatives. Par exemple, le Québec pourrait envisager de se tourner vers l'énergie solaire – le soleil étant disponible, il n'émet pas de gaz à effet de serre. Toutefois, la production des panneaux solaires – produit à l'extérieur des frontières du Québec – peut en faire une alternative qui pourrait s'avérer désastreuse en considérant les émissions GES sur le cycle de vie (voir graphique ci-bas) qui peuvent être équivalentes à celles du gaz naturel ou du pétrole.

De plus, la pensée cycle de vie ne se limite pas à la sphère environnementale, elle peut être appliquée pour évaluer la performance socio-économique (analyse sociale du cycle de vie, analyse des coûts du cycle de vie) des mesures proposées et ainsi augmenter le nombre de critères lors de la prise de décision. L'analyse sociale du cycle de vie (AsCV) est un outil d'aide à la décision qui évalue les impacts sociaux potentiels d'un produit ou d'un service, sur l'ensemble du cycle de vie. Plus précisément, l'AsCV vise à évaluer les impacts sociaux potentiels du cycle de vie d'un produit sur toutes les parties prenantes concernées, comme les travailleurs, les consommateurs, les communautés locales et la société dans son ensemble. Les sous-catégories d'impacts considérées dans une AsCV sont typiquement celles traitant de grandes thématiques telles que les droits humains, les conditions de travail, la santé et sécurité, l'héritage culturel, ou encore les répercussions socio-économiques.

L'application de l'ACV comme outil d'évaluation devrait se faire de façon transversale sur toutes les mesures des différentes thématiques proposées lors de la consultation. En effet, l'ACV peut être appliquée à différents niveaux, entre autres, au niveau du produit à des fins d'innovation, écoconception, de l'étiquetage environnemental, au niveau des industries pour des choix d'approvisionnement et d'identification des sources de perte d'efficacité ou au niveau des administrations publiques, pour l'orientation des politiques.

L'ACV est soutenue par des outils et des données qui doivent être adaptés aux mesures à évaluer. Des bases de données spécifiques au Québec existent déjà, mais elles doivent être complétées, notamment pour l'évaluation de mesures innovantes ainsi que pour certains secteurs qui sont moins bien représentés (p.ex. les bioénergies, le secteur industriel).

NOS RECOMMANDATIONS POUR CETTE SECTION :

1. Appliquer l'outil ACV aux mesures des différentes thématiques de la présente consultation pour permettre de prioriser les mesures qui auront un impact positif environnemental.
2. Appliquer la pensée cycle de vie pour avoir une estimation des possibles impacts socio-économiques des différentes mesures.
3. Compléter les bases de données spécifiques au Québec.

4.2 POUR UNE APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE DE LA SANTÉ

Par Johanne Saint-Charles (Cinbiose, UQAM), Cathy Vaillancourt (INRS-Institut Armand-Frappier, Cinbiose, UQAM)

Les approches écosystémiques de la santé ont permis de mettre de l'avant des pratiques de recherche et d'intervention favorisant le développement de solutions localement applicables et globalement pertinentes (Saint-Charles et coll., 2014). Elles s'appuient sur des considérations telles l'équité sociale et de genre, la participation, la transdisciplinarité et la durabilité dans le but d'atteindre une santé durable, laquelle est au cœur des objectifs de développement durable⁵.

Par exemple, la vulnérabilité des individus et d'une population varie grandement selon le genre, l'ethnicité, la condition socio-économique, l'âge et le contexte. Il est donc important de prendre en compte ces différences dans les approches et solutions proposées. La transformation des milieux de vie doit se faire en adoptant une perspective différenciée pour éviter de creuser les écarts existants (p. ex. : entre les différents genres ; le bien-être et la santé des individus). Entre autres, les transformations doivent impliquer la participation citoyenne et considérer les questions de sexe/genre puisqu'il ne fait aucun doute qu'elles occupent une place importante dans l'analyse des impacts potentiels de la transition énergétique sur la santé et le bien-être des populations cibles.

NOS RECOMMANDATIONS POUR CETTE SECTION :

3. La santé et le bien-être ne peuvent être exclus des analyses visant un développement durable;
4. Les effets sur la santé et le bien-être des individus doivent être pris en compte dans la consultation, ce que peut permettre de faire l'adoption d'une approche écosystémique de la santé;
5. La question de sexe et de genre (équité) doit être explicitement et systématiquement prise en compte dans la consultation.

⁵ Pour plus d'informations sur les objectifs de développement durable, voir : Organisation des Nations Unies, 2017. Objectifs de développement durable. www.un.org/sustainabledevelopment/fr/

4.3 POUR UNE PRISE EN COMPTE DES IMPACTS SUR LA SANTÉ CARDIOVASCULAIRE

Par François Reeves (Université de Montréal)

L'environnement, autrefois sous-estimé en maladie cardiovasculaire, appert pour être un facteur de risque non seulement puissant, mais aussi hautement modulable. Nous réalisons que la révolution industrielle a introduit des nanoagresseurs alimentaires et aériens auxquels nos ancêtres préanthropocènes n'étaient pas exposés.

Non seulement ces nanoagresseurs (polluants de combustibles fossiles et additifs alimentaires industriels) ont-ils une toxicité directe sur nos vaisseaux, provoquant athérosclérose, thrombose et dysfonctionnement du système nerveux autonome, mais ils induisent également les facteurs de risque dits classiques soient hypertension, diabète, dyslipidémie et même obésité. La conjonction de ces nanoagresseurs aériens et alimentaires se potentialisent mutuellement et entraînent une « tempête cardiovasculaire parfaite ».

Le Lancet Commission (2017) a publié que la pollution aérienne a causé 9 millions de décès (80 % cardiovasculaires), soit 1 décès sur 6 et est devenu le tueur numéro 1, bien au-delà de SIDA, Zika, malaria et Ebola réunis. Au Canada, les maladies attribuables aux causes environnementales ont causé plus de 20 000 décès excédentaires, dont les deux tiers sont cardiovasculaires. Outre les décès, l'International Institute of Sustainable Development (IISD) a démontré que la pollution aérienne entraîne au Canada des soins de santé et d'invalidité de 36 milliards de dollars, données avalisées par le Conference Board du Canada.

Par ailleurs, la présence de vert dans les cités diminue fortement l'impact des polluants et des fluctuations climatiques en hausse. On observe dans les milieux verts une diminution significative des événements cardiovasculaires, particulièrement chez les populations défavorisées. De plus, un milieu verdoyant améliore pratiquement tous les marqueurs de santé, allant de sociologique à psychologique en passant par maladie cardiaque et cancer.

Au total, une cité cardioprotectrice se doit d'éliminer les nanoagresseurs aériens (émanations des combustibles fossiles), les nanoagresseurs alimentaires (additifs industriels nocifs) et viser une canopée urbaine optimisée comme élément de mobilier urbain durable incitant au transport actif et activités extérieures. Le Pr Salim Yussuf, cardiologue et sommité en épidémiologie cardiovasculaire de l'université McMaster, Ontario, disait : « *Après tout, la maladie coronarienne était rare avant 1830. Pourquoi ne pourrait-elle pas le redevenir en 2050? C'est le défi auquel nous faisons tous face!* » La qualité de l'environnement fait partie de ce défi.

NOS RECOMMANDATIONS POUR CETTE SECTION :

1. Éliminer les nanoagresseurs aériens (émanations des combustibles fossiles) et les nanoagresseurs alimentaires (additifs industriels nocifs)
2. Viser une canopée urbaine optimisée comme élément de mobilier urbain durable incitant au transport actif et activités extérieures.

5 CONCLUSION

| RÉCAPITULATIF DES RECOMMANDATIONS PRÉSENTÉES DANS CE MÉMOIRE | |
|--|--|
| SECTIONS DU MÉMOIRE | RECOMMANDATIONS |
| Gouvernance (Section 2) | Mettre en place des structures de gouvernance qui permettent de mobiliser et de coordonner l'action des nombreux acteurs de la transition énergétique déjà actifs au Québec (recherche, technologie, sensibilisation), dans une perspective transdisciplinaire, afin d'accélérer la transition. |
| | Mobiliser les connaissances sur les changements de mentalités et mettre en œuvre les moyens nécessaires afin d'accompagner le nécessaire changement des comportements chez les individus et les organisations. |
| | Établir des politiques énergétiques qui incluent des objectifs d'efficacité énergétique et de production d'électricité faible en carbone et des réformes tarifaires. <ul style="list-style-type: none"> • Établir des mécanismes de coordination et de renforcement des systèmes provinciaux de tarification du carbone. • Affecter l'essentiel des recettes perçues à des politiques et incitatifs complémentaires de réduction des émissions de GES. |
| Aménagement (Section 3) | Créer des structures urbaines compactes, attractives, reliées entre elles par des réseaux performants de transport collectif. |
| | Intégrer l'aménagement dans les politiques de planification des infrastructures, d'utilisation des terres, du transport et de l'énergie. |
| | À court terme, reconnaître l'importance des infrastructures écologiques et de la « croissance urbaine intelligente ». |
| Bâtiment (Section 3) | Soutenir la transformation du secteur du bâtiment en un secteur neutre en énergie ou même au bilan énergétique positif. |
| | Échelle urbaine : une meilleure planification des villes et du territoire par une densité juste et l'intégration d'espaces verts représentent la première étape de cette démarche intégrée en ouvrant la porte à un développement écoénergétique des bâtiments et une diversité d'options de transports publics et actifs tout en favorisant entre autres la biodiversité, le contrôle des îlots de chaleur et la résilience aux changements climatiques. |
| | Échelle du bâtiment : des normes strictes de conservation et d'efficacité énergétique (isolation et étanchéité) ainsi que des stratégies bioclimatiques telles que l'éclairage naturel, le chauffage et le refroidissement passifs permettent de changer les comportements et de diminuer drastiquement la demande tout en procurant des cobénéfices au niveau de la santé, de la productivité et du bien-être de la population. |
| | Échelle systèmes : l'augmentation de l'efficacité énergétique des équipements et des réseaux de services publics de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, de systèmes de contrôle et d'autres appareils permet de répondre à une demande réduite tout en favorisant l'innovation technologique et la compétitivité économique de nos industries de pointe. |
| | Échelle politique : Élaborer un code du bâtiment plus ambitieux. |

| | |
|---|--|
| Transport de personnes (Section 3) | Définir des cibles claires et ambitieuses de réduction du nombre de véhicules sur les routes dans la politique énergétique et établir les mesures permettant d'atteindre ces cibles. |
| | S'appuyer sur la littérature la plus récente et l'expertise des chercheurs québécois pour évaluer les impacts, les coûts ainsi que le potentiel de changement de comportement de mobilité des mesures et projets de transport de personnes. Prioriser les mesures les plus efficaces dans une perspective de transition énergétique sur la base de ces analyses. |
| Bioénergies (Section 3) | Poursuivre l'appui financier et la coordination de la recherche appliquée sur les biocarburants de 2e génération (éthanol cellulosique) et commencer à travailler sur les carburants de 3e génération (usage de microorganismes). |
| | Promouvoir la consommation de bioénergie par des mesures de soutien pour la conversion de systèmes fonctionnant aux énergies fossiles vers les bioénergies, ainsi que le financement de projets de biénergie électricité-biomasse. |
| Analyse du cycle de vie (Section 4) | Appliquer l'outil ACV aux mesures des différentes thématiques de la présente consultation pour permettre de prioriser les mesures qui auront un impact positif environnemental. |
| | Appliquer la pensée cycle de vie pour avoir une estimation des possibles impacts socio-économiques des différentes mesures. |
| | Compléter les bases de données spécifiques au Québec. |
| Approche écosystémique de la santé (Section 4) | La santé et le bien-être ne peuvent être exclus des analyses visant un développement durable. |
| | Les effets sur la santé et le bien-être des individus doivent être pris en compte dans la consultation, ce que peut permettre de faire l'adoption d'une approche écosystémique de la santé. |
| | La question de sexe et de genre (équité) doit être explicitement et systématiquement prise en compte dans la consultation. |
| Santé cardiovasculaire | Éliminer les nanoagresseurs aériens (émanations des combustibles fossiles) et les nanoagresseurs alimentaires (additifs industriels nocifs) |
| | Viser une canopée urbaine optimisée comme élément de mobilier urbain durable incitant au transport actif et activités extérieures. |

Les nombreuses recommandations rassemblées dans ce mémoire peuvent contribuer au plan directeur de TEQ et servir de sujets de chantiers de recherche-action. Le mémoire met en évidence le besoin d'une gouvernance intégrée, dans le but de mener une transition énergétique qui intègre les aspects techniques dans la perspective d'une transition sociétale, impliquant tant les décideurs que les citoyens.

À ce titre, il faudra miser sur le changement de comportements, en mettant en œuvre non seulement de nouvelles conceptions de l'aménagement et des infrastructures, de nouveaux incitatifs économiques, mais également de nouvelles pratiques d'accompagnement des individus et des organisations. Une transition énergétique basée principalement sur les solutions technologiques et sur l'efficacité énergétique ne pourra, à elle seule, venir à bout de cet immense chantier.

Une coordination fluide entre les différents ministères responsables de l'application de la transition sera cruciale. Il sera nécessaire d'élaborer des politiques énergétiques prévoyant une réforme tarifaire et des objectifs d'efficacité énergétique et de production d'électricité faible en carbone. À ce titre, un outil de pilotage stratégique intersectoriel est essentiel pour mettre en œuvre de manière intégrée l'ensemble des recommandations faites dans ce mémoire, comme conditions essentielles pour la réussite d'une transition écoresponsable et équitable.

Le CIRODD possède une expertise unique au monde pour permettre de faire face aux défis de la transition énergétique et des changements climatiques. Les gouvernements, les organisations et le secteur privé peuvent compter sur notre collaboration et notre expertise pour opérationnaliser le développement durable afin de soutenir, voire accélérer, la transformation de notre société vers une économie verte et soutenable.

6 RÉFÉRENCES

- Ambdur, D., Rabe G. R. et Borick C.P. 2014. « Public views on a carbon tax depend on the proposed use of revenue ». *Issues in Energy and Environmental Policy* 13: 1-9.
- Architecture 2030, 2014. Roadmap to Zero Emissions. Submission to the Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action.
- Building Performance Institute Europe http://bpie.eu/eusew_2014.html#.VMpn1ryON8U ; Dekay, M., et Brown, G.Z. (2014). *Sun, Wind, and Light : Architectural Design Strategies*. Wiley : New-York, 413 p.
- Bulkeley, H., and Betsill, M.M., 2005. Rethinking sustainable cities: multilevel governance and the 'urban' politics of climate change. *Environmental Politics*, 14(1), 42–63.
- Canadian Consulting Engineer, 2016. *Varenes Net-Zero Library – Award of Excellence*, October-November 2016 print issue, p. 39. <http://www.canadianconsultingengineer.com/features/varenes-net-zero-library-award-excellence/>
- Caron, M.A., Turcotte, M.F., Lachance, A. et Ghozzi-Nékhili, C. 2017. Représentations de la recherche transdisciplinaire engagée dans la résolution de problèmes complexes, in Caron, M.A., Turcotte M.F. (sous la dir.), *La recherche transdisciplinaire et l'opérationnalisation des connaissances scientifiques*, Éditions JFD, 69-102.
- Cecobois, 2017. Le bois et le cycle de vie du carbone. <https://www.cecobois.com/bois-et-cycle-de-vie-du-carbone>
- Chaire de gestion du secteur de l'énergie HEC montréal, 2017. État de l'énergie au Québec.
- CIRODD, 2015. *Comment consolider l'opérationnalisation des orientations stratégiques du rapport « Agir sur les changements climatiques »?* Collectif d'auteurs, Mai 2015.
- Condos Origine, 2017. http://condosorigine.com/?gclid=EAlaIqobChMIrdb_lfvj1wIVlbrACh22HAVKEAAYASAAEgJzuvD_BwE
- Cole, R., 2013. Shifting Performance Expectations : Net Positive Buildings. Tiré de : http://www.cesb.cz/cesb13/proceedings/0_keynote/CESB13-Key_Cole.pdf
- Dupuy, G. 2006. La dépendance à l'égard de l'automobile, Paris, Predit, La Documentation Française, collection « Le point sur », 93 p.
- Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), 2016. Rapport d'inventaire national 1990-2014 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada, gouvernement du Canada.
- FAQDD, 2017. Changer les comportements individuels et collectifs. Fonds d'action québécois pour le développement durable.
- Gouldson, A. et al., 2015. Accelerating Low-Carbon Development in the World's Cities: Working Paper. The New Climate Economy.
- Grin, J., Rotmans, J. et Schot, J., 2011. Transitions to sustainable development : New directions in the study of long term transformative change. Routledge.
- Harvey L. D. D., 2014. « Global climate-oriented building energy use scenarios », *Energy Policy*, 67, 473-487
- Hough, M., 2004. *Cities and Natural Process : a Basis for Sustainability*. Routledge.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel & J.C. Minx (eds.)]. Geneva, Switzerland, 151 pp.

ISO, 2006a. ISO 14040 : Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre, Organisation internationale de normalisation, 24 p.

ISO, 2006b. ISO 14044 : Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Exigences et lignes directrices, Organisation internationale de normalisation, 56 p.

Létourneau, A., 2008. La transdisciplinarité considérée en général et en sciences de l'environnement. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], 8(2 /octobre 2008).

Ministère de l'Économie, Science et Innovation du Québec, 2017. Bioénergie - Les ressources renouvelables du Québec pour de l'énergie verte et durable.

<https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/secteurs/environnement/apercu-de-lindustrie/bioenergie/>

Office de l'efficacité énergétique (OEE), 2016. Base de données complète sur la consommation d'énergie, Ressources naturelles Canada, gouvernement du Canada,
http://oee.rncan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/evolution/tableaux_complets/liste.cfm

O'Brien, W. et al., 2010. The relationship between net energy use and the urban density of solar buildings. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 37(6), 1002–1021.

Parkes, M., 2011. Diversity, Emergence, Resilience: Guides for A New Generation of Ecohealth Research and Practice, EcoHealth, 8, 137-139.

Potvin, C. et al., 2015. Agir sur les changements climatiques : les solutions d'universitaires canadiens et canadiennes. Montréal : Dialogues pour un Canada vert.

Potvin, C. et al., 2017. Rebâtir le système énergétique canadien- Vers un avenir sobre en carbone. Rapport présenté à Ressources naturelles Canada (RNCAN). Montréal : Dialogues pour un Canada vert.

Ressources naturelles Canada, 2015. Base de données nationale sur la consommation d'énergie - Tableaux du Guide de données sur la consommation d'énergie - Secteur résidentiel - Parc de logements et surface de plancher du secteur résidentiel.
<http://oee.rncan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/showTable.cfm?type=HB§or=res&juris=00&rn=11&page=4>

Ressources Naturelles Canada, 2017. Systèmes de bioénergie. .
<http://www.rncan.gc.ca/energie/renouvelable-electricite/systemes-bioenergie/7312>

Riffon, 2017. Document non publié

Rogers, E.M., 2003. Diffusion of innovations. 5 th edition. Simon and Schuster

Sandberg, N.H. et al., 2016. Dynamic Building Stock Modelling: Application to 11 European countries to support the energy efficiency and retrofit ambitions of the EU. Energy and Buildings, 132, 26–38.

Sheppard, S., Pond, E., and Campbell, C., 2008. Low-carbon, attractive, resilient communities: New imperatives for sustainable retrofitting of existing neighbourhoods. Climate Change and Urban Design – Third Annual Congress of the Council for European Urbanism. Oslo.

Sheppard, S.R.J. et al., 2015. Special Report – A Synthesis of PICS-Funded Social Mobilization Research. Prepared for Pacific Institute for Climate Solutions (PICS). Climate Change: Impacts & Responses Conference, Victoria, BC.

Smyth, C. E., Stinson, G., Neilson, E., Lemprière, T. C., Hafer, M., Rampley, G. J., et Kurz, W. A., 2014. Quantifying the biophysical climate change mitigation potential of Canada's forest sector. *Biogeosciences*, 11(13), 3515-3529.

Statistique Canada, 2011. Population urbaine et rurale, par province et territoire.

<http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/102/cst01/demo62a-fra.htm>

Statistique Canada, 2011b. Population urbaine et rurale, par province et territoire.

<http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/102/cst01/demo62a-fra.htm>

Statistiques Canada, 2017. Chiffres de population et des logements - Faits saillants en tableaux.

<http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/hlt-fst/pd-pl/Tableau.cfm?Lang=Fra&T=205&SR=1&S=3&O=D&RPP=100&PR=0&CMA=0&CSD=0&TABID=2>

UBC News, 2016. Structure of UBC's tall wood building now complete.

<https://news.ubc.ca/2016/09/15/structure-of-ubcs-tall-wood-building-now-complete/>.

UKGBC, 2017. <http://www.ukgbc.org/content/pay-you-save-task-group> Saint-Charles, J., Webb, J., Sanchez, A. van Wendel de Joode, B., Nguyen-Viet, H. et Mallee, H. (2014) Ecohealth as a Field – Looking Forward, *EcoHealth*, 11(3), 300-307.

Vivre en ville, 2013. Retisser la ville. Réarticuler urbanisation, densification et transport en commun.

Québec : Vivre en ville.

World Energy Council, 2013. Time to get the real – The agenda for change. Rapport du Conseil mondial de l'énergie. http://www.mmc.com/content/dam/mmc-web/Files/GRC_2013-Time-to-Get-Real.pdf