

Rapport final projet # 551006-XPI

**Changements climatiques et transformation urbaine : un projet de
recherche-action pour renforcer la résilience de la Communauté
métropolitaine de Québec**

Florent Joerin, Carole Després, André Potvin, Manuel Rodriguez, Geneviève Vachon,
Marie-Hélène Vandersmissen – Université Laval

Juin 2014

*Les résultats et opinions présentés dans cette publication sont entièrement la responsabilité des auteurs et n'engagent
pas Ouranos ni ses membres*



Table des matières

PREAMBULE	6
CHAPITRE 1 : UNE DÉMARCHE D'ADAPTATION DE LA VILLE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN TROIS TEMPS	9
SYNTHÈSE DE LA RECHERCHE-ACTION « CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET TRANSFORMATION URBAINE : UN PROJET DE RECHERCHE-ACTION POUR RENFORCER LA RÉSILIENCE DE LA COMMUNAUTÉ MÉTROPOLITAINE DE QUÉBEC »	114
1.1 Introduction	114
1.2 Le diagnostic territorial participatif	114
1.2.1 Vers la mise en place d'une approche participative de l'adaptation	115
1.2.2 Quelques limites du recours à une approche participative pour planifier l'adaptation aux changements climatiques	122
1.2.3 Portrait des préoccupations d'adaptation pour la région métropolitaine de Québec	122
1.3 Cartographie des aléas et des dynamiques urbaines	124
1.3.1 Cartographie des risques multicritères	125
1.4 Le design de l'adaptation	132
1.4.1 Les ateliers de design urbain	133
1.4.2 L'élaboration de scénarios d'adaptation	133
1.4.3 La consultation de la population, des professionnels et des élus sur le design de l'adaptation	134
LISTE DES OUVRAGES CITÉS	138
CHAPITRE 2 : PLANIFIER L'ADAPTATION DE LA VILLE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN S'APPUYANT SUR LES CONNAISSANCES ET LA PARTICIPATION DES ACTEURS LOCAUX : UNE EXPÉRIMENTATION DE GOUVERNANCE CLIMATIQUE À QUÉBEC	142
2.1. Introduction	144
2.2. L'adaptation de la ville aux changements climatiques : opportunité et nouveau défi pour la planification urbaine	145
2.3. Une expérimentation de planification de l'adaptation pour la région métropolitaine de Québec	147
2.3.1 Ateliers sectoriels	147
2.3.2 Un forum intersectoriel	149
2.3.3 Ateliers d'évaluation multicritère des risques	150

2.3.4	Ateliers de design urbain	152
2.4.	La planification de l'adaptation à travers une approche participative	155
LISTE DES OUVRAGES CITÉS		158
CHAPITRE 3 : ADAPTING CITIES TO CLIMATE CHANGE: AN ACTION-RESEARCH APPROACH TO IMAGINE DESIGN SOLUTIONS, MEASURE THEIR FEASIBILITY AND ACCEPTABILITY, AND INFORM DECISION		162
3.1	Introduction	164
3.2	Quebec City in context	165
3.3	The action-research project in context	167
3.4	Augmented Participation: Web 2.0, Social Media and Crowdsourcing	168
3.5	An Iterative and Augmented Process of Design and Consultation	172
3.6	Designing and Assessing the Adaptation Scenarios	173
3.7	What Have We Learned about the Feasibility and Acceptability of the Proposed Adaptations?	184
3.8	Conclusion	188
REFERENCES		190
CHAPITRE 4: MAPPING RELATIVE HAZARDS ASSOCIATED WITH URBAN WATER SUPPLY: A ROUGH APPROXIMATION APPROACH		193
CHAPITRE 5 : MOBILITÉ URBAINE ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES : UNE ASSOCIATION À MIEUX CERNER POUR RENFORCER LE CARACTÈRE ADAPTÉ DE LA VILLE		194
5.1	Introduction	196
5.2	Mobilité et isolement : une lecture par le réseau	198
5.2.1	Concepts de mobilité et d'isolement spatial	198
5.3	Contexte métropolitain de Québec	198
5.4	L'analyse de la configuration spatiale comme outil d'aide à la décision en matière de transport et de mobilité	200

5.5	Questions et hypothèses	202
5.6	Faire atterrir les changements climatiques à l'échelle de la région métropolitaine de Québec	202
5.6.1	Diagnostic territorial participatif	202
5.6.2	Évaluation participative et multicritère des risques	205
5.7	Analyses et discussion	206
5.7.1	Indice d'intégration	209
5.7.2	Indices de choix	209
5.8	Isolement spatial et changements climatiques	210
5.8.1	À l'échelle locale	210
5.8.2	À l'échelle métropolitaine	211
5.9	Conclusion	212
LISTE DES OUVRAGES CITÉS		214
ANNEXES		218
CHAPITRE 6 : VERS UNE ARCHITECTURE ET UN DESIGN URBAIN ADAPTÉS : INTÉGRER LES CONTRAINTES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU PROCESSUS DE CONCEPTION		223
6.1	Introduction	226
6.2	Formation et connaissances des architectes et des professionnels de l'aménagement : état des lieux	228
6.3	Recension d'outils d'aide à la conception existants	234
6.4	Essai d'application dans un contexte pédagogique	241
6.5	Conclusion	246
LISTE DES OUVRAGES CITÉS		248
CONCLUSION		253
1.5	L'importance d'une participation diversifiée pour répondre au manque de données	253
1.6	Mobilisation locale et prise de conscience	254
1.7	Évaluation multicritère des risques et réorientation de l'interaction avec les experts	255

1.8	Traverser les échelles spatiales : un pari partiellement relevé	255
1.9	En vue d'une adaptation planifiée pertinente, opportuniste ET évolutive	256
1.10	Anticiper la faisabilité et l'acceptabilité des mesures d'adaptation	257
1.11	Une applicabilité conditionnée par les ressources	259

Préambule

Ce projet de recherche s'est déroulé sur trois années. Une période suffisamment longue pour constituer un esprit d'équipe fondé sur l'appropriation d'objectifs, mais aussi d'un cadre conceptuel et de certaines manières de faire. Pour la suite, cette manière d'aborder les enjeux de l'adaptation aux changements climatiques va se diffuser, non seulement par le biais des documents produits mais aussi par les différentes activités professionnelles dans lesquels les membres de cette équipe s'engageront. Cette diffusion sera aussi l'occasion d'une mise à l'épreuve critique qui permettra, avec le temps, de mieux dégager les aspects les plus significatifs.

Cette équipe fut impressionnante par sa diversité, sa taille et, surtout, son engagement à mener à bien le projet. Au noyau central, composé de Geneviève Cloutier, Martial Labarthe, Catherine Dubois et Christelle Legay, puis Salem Chakhar et Dominique Viens, se sont associés 18 stagiaires. Chacune de ses implications, plus ou moins directes ou longues, a contribué à l'obtention des résultats que ce rapport présente. Nous souhaitons ainsi tous les remercier très chaleureusement.

Cette équipe opérationnelle a fonctionné sous la supervision scientifique, mais aussi stratégique et administrative, d'une équipe de professeurs : Geneviève Vachon, Marie-Hélène Vandersmissen, Manuel Rodriguez, André Potvin et moi-même, Florent Joerin.

Nous tenons aussi à mentionner qu'en faisant de ce projet un vaste lieu d'échange et de rencontre, celui-ci a selon nous contribué à sensibiliser près de 70 étudiants (stages, projets et mémoires) à l'importance des enjeux de l'adaptation, étudiants aujourd'hui devenus ou en voie de devenir de jeunes professionnels.

A cette forme d'implication directe à la réalisation du projet, il faut aussi ajouter environ près de 200 participants à nos différents ateliers, forum ou charrette. Nous tenons ici à les remercier vivement pour leur contribution. En consacrant du temps et se prêtant au jeu de l'expérimentation contextualisée pour Québec, ils nous permettent aujourd'hui de présenter les résultats originaux de la démarche. Nos remerciements particuliers aux membres du comité de suivi du projet, constitué de Jean Painchaud, Jean-Marc Bissonnette, Pierre Blais, Louis Guay, Valérie November, Matthieu Alibert, Dominic Aubé et Caroline Larrivée, qui nous ont éclairé et accompagnés de façon très inspirante tout au long du processus. Des remerciements chaleureux et reconnaissants vont à l'équipe d'Ouranos, à Caroline Larrivée en particulier, pour leur appui et leur intérêt soutenus dans le projet.

Il est très important pour moi de remercier aussi ceux qui m'ont permis d'assumer à distance la direction du projet. Je pense tout d'abord à Ouranos et aux membres du comité de suivi, qui ont cru en cette possibilité. Ensuite, et plus particulièrement, je fais part de ma grande reconnaissance à Geneviève Cloutier, engagée initialement comme post-doctorante, mais qui a progressivement vu augmenter sa charge de responsabilités au cours du projet, pour en assumer la direction effective durant la dernière année. Celle-ci a par ailleurs bénéficié à son tour du soutien de Martial Labarthe durant son absence pour congé de maternité.

Ce projet a pu se dérouler dans d'excellentes conditions grâce à la qualité de son environnement institutionnel. Nous tenons ainsi à remercier le Centre de recherche en Aménagement et développement (CRAD) de l'Université Laval, sa directrice Marie-Hélène Vandersmissen et ses collaborateurs Marie-Pier Bresse, Francis Rioux et Francine Baril. Le soutien de cette dernière a été un élément déterminant du succès de la coordination de la vaste équipe et des activités variées du projet de recherche-action.

Mentionnons que les coûts relatifs aux travaux de recherche ont été assumés par Ouranos, grâce au Fonds vert, dans le cadre de la mise en œuvre du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec. Les travaux ont également été réalisés avec Ressources naturelles Canada.

Enfin, il apparaît pertinent de souligner que le projet de recherche s'inscrit en lien avec la stratégie gouvernementale québécoise d'adaptation aux changements climatiques (voir http://www.mddefp.gouv.qc.ca/changements/plan_action/strategie-adaptation2013-2020.pdf), notamment avec l'orientation d'aménager le territoire et de gérer les risques de façon à réduire les vulnérabilités (Orientation 4) et l'objectif d'intégrer l'adaptation aux changements climatiques dans les décisions prises concernant le territoire (Objectif 7).

Les pages qui suivent présentent les résultats de la recherche-action réalisée entre 2010 et 2013 dans la région de Québec. Le rapport est composé de quatre parties, regroupant six chapitres, dont la plupart sont élaborés sous forme d'articles scientifiques soumis ou en voie d'être soumis à des revues reconnues dans le domaine.

La **première partie**, constituée du chapitre 1, récapitule les étapes de la démarche et présente les résultats obtenus lors des trois années du projet de manière synthétique. Ces résultats sont d'ordre méthodologique (cadre de planification de l'adaptation) et descriptif (diagnostic, évaluation des risques et des dynamiques urbaines et appréciation des mesures d'adaptation pour la région métropolitaine de Québec).

La **deuxième partie** traite de l'approche participative mise à profit par le projet. Les chapitres 2 et 3 traitent de la plus-value de cette approche et de ses écueils, pour une démarche d'adaptation de la ville aux changements climatiques. Il y est question de la participation de différents intervenants dans l'ensemble de la démarche (chapitre 2) et de la consultation autour des enjeux de design urbain plus précisément (chapitre 3).

La **troisième partie** présente les résultats de l'analyse multicritère des risques à partir de l'exemple de l'approvisionnement en eau potable (chapitre 4).

La **quatrième partie** présente deux pistes méthodologiques ouvertes suite aux difficultés rencontrées lors de la cartographie des risques multicritères. Le chapitre 5 présente le potentiel d'un outil de syntaxe spatiale pour simuler les impacts possibles des changements climatiques sur la mobilité et le chapitre 6, une aide à la conception destinée aux professionnels de l'architecture et du design pour renforcer leurs compétences en matière d'adaptation du bâti aux changements climatiques.

Chapitre 1 : Une démarche d'adaptation de la ville aux changements climatiques en trois temps

Dans ce chapitre:

- L'élaboration d'un diagnostic participatif permet de prendre appui sur des situations vécues par les acteurs territoriaux. En se référant à ces expériences réelles, les acteurs sont en mesure de qualifier les constituantes du territoire. Cette qualification facilite l'identification des points sensibles au plan social, économique, urbanistique, climatique, etc.
- Ce recours à l'expérience des individus et à leur connaissance des précédents est également très utile lorsque vient le moment d'évaluer les dangers ou les risques liés à la gestion de grands dossiers urbains. Dans un contexte où la non-disponibilité de certaines données constitue un frein au processus d'adaptation, les connaissances des professionnels et l'échange de ces connaissances par différents canaux (ateliers de travail, consultations ponctuelles, etc.) deviennent des éléments pouvant assurer l'évolution de la démarche d'adaptation. Ces connaissances doivent être valorisées, au même titre que d'autres formes d'informations et de documentations.
- Les mesures d'adaptation les plus simples d'application, le verdissement des espaces publics et privés notamment, sont généralement bien jugées par les participants aux ateliers de design urbain. Il ressort toutefois des ateliers que certaines mesures, plutôt simples elles aussi (la protection des systèmes d'alimentation électriques, la planification architecturale préventive, etc.) sont souvent perçues comme étant plus coûteuses et donc moins applicables. Or, il s'agit là de fausses perceptions et les efforts des administrations publiques gagneraient à aller dans le sens d'une meilleure explication du rapport coûts bénéfices de certaines de ces mesures. En outre, les participants sont majoritairement soucieux de la prise en compte intégrée des enjeux d'adaptation aux changements climatiques et de leur arrimage avec les mesures d'aménagement en général. Les ateliers de design urbain de l'adaptation indiquent effectivement que les acteurs territoriaux (urbanistes, groupes de résidents, associations, intervenants du milieu de la santé et des services sociaux, etc.) comprennent bien les liens entre les dimensions sociales, culturelles, politiques, économiques de la ville et que l'adaptation aux changements climatiques devrait se faire dans cet esprit d'intégration multidimensionnelle.

Index des figures

Figure 1: Exemple de schéma systémique causal résultant des propos des participants.	17
Figure 2 : Exemple de chaîne causale rassemblant les résultats du Forum et la revue de littérature	20
Figure 3: Exemple de fiche descriptive des mesures d'adaptation (10/18)	135

Index des tableaux

Tableau 1 - Profil des participants sollicités par l'équipe de recherche entre 2010 et 2013	12
Tableau 2 - Outils méthodologiques mobilisés lors de la réalisation du diagnostic territorial de l'année 1	15
Tableau 3 : Différents outils méthodologiques mobilisés lors de la deuxième année consacrée à l'évaluation multicritère des risques et à l'analyse des dynamiques urbaines	20

Synthèse de la recherche-action « Changements climatiques et transformation urbaine : un projet de recherche-action pour renforcer la résilience de la Communauté métropolitaine de Québec »

1.1 Introduction

Les modèles climatiques prévoient, pour l'horizon 2050, que la région métropolitaine de Québec connaîtra, comme l'ensemble du Sud du Québec, différents changements climatiques, dont les principaux sont l'augmentation des précipitations moyennes (annuelles), l'augmentation des températures moyennes (annuelles) et des événements extrêmes plus récurrents. Ainsi, d'ici 2050, les températures pourraient augmenter de 2,5°C à 3,8°C dans le Sud du Québec et surtout en hiver (Desjarlais et al., 2010). En ce qui a trait aux précipitations, leur augmentation devrait également être plus forte en hiver (de 8,6% à 18,1%) qu'en été (3% à 12,1%), à l'horizon 2050 (CEHQ, 2013; MDDEP, 2008). Toutefois, la neige s'accumulant au sol devrait être moins abondante, dans la région climatique du Sud du Québec, ce qui ne manquera vraisemblablement pas d'avoir des répercussions sur les réserves d'eau. Une modification de la variabilité de la température est également à prévoir : les températures varieront moins l'hiver et davantage l'été. Cela pourrait notamment se traduire par un nombre plus élevé de jours d'été très chauds. À cet égard, la fréquence, l'intensité et la durée des événements climatiques extrêmes devraient augmenter. La région de Québec devrait connaître plus d'événements chauds (canicules, sécheresses), mais aussi plus de tempêtes de neige et de fortes pluies. Bref, les projections climatiques annoncent une série de changements dans le climat que connaît Québec aujourd'hui.

1.2 Le diagnostic territorial participatif

Afin de comprendre ce que ces changements climatiques constituent comme problème pour une agglomération en général et pour celle de Québec en particulier, et pour mieux cerner les pistes de solution pour y faire face, en termes d'adaptation, l'équipe interdisciplinaire de l'Université Laval a choisi de débiter par la réalisation d'un diagnostic territorial participatif. Le portrait des enjeux qu'un diagnostic participatif permet de mieux comprendre « l'expérience sociale » (Dubet, 2007) des changements climatiques, c'est-à-dire de saisir les modes d'interprétation, les techniques et les façons par lesquelles les individus jugent les problèmes potentiels associés au climat et tentent de les résoudre.

Cette étape s'est avérée un fondement fort de la mobilisation autour de la question de l'adaptation de Québec aux changements climatiques. Aussi, la richesse du diagnostic obtenu est venue confirmer l'intérêt d'explicitier la méthode permettant d'y arriver, l'identification d'un cadre méthodologique étant également un objectif poursuivi à travers le recours à un processus participatif. Dans les pages qui suivent, nous revenons d'abord sur les formes du dispositif de participation. Nous décrivons ensuite la contribution des acteurs que ce cadre nous permet de valoriser en termes de sensibilités et de préoccupations à prendre en compte sur le territoire.

1.2.1 Vers la mise en place d'une approche participative de l'adaptation

L'élaboration d'un diagnostic participatif permet de prendre appui sur les situations réelles vécues par les acteurs territoriaux pour qualifier les constituantes du territoire (infrastructures, populations, espaces publics, etc.). En amenant les participants à discuter du territoire, l'objectif est d'identifier ses composantes les plus fortes de même que celles qui seraient à renforcer pour assurer leur résilience, c'est-à-dire leur capacité à s'ajuster et à s'adapter positivement aux impacts des changements climatiques (Folke et al., 2002). Une telle mise en discussion autour d'aspects concrets du territoire dégage la délibération de l'ambition, contraignante, d'identifier les règles à suivre pour assurer une adaptation « parfaite » du milieu. Adhérant à l'idée que même le cadre institutionnel le plus rigoureux ne pourrait empêcher certains comportements individuels de se détourner des orientations collectives (Sen, 2009), notre démarche vise à susciter une comparaison des éléments faibles à renforcer et d'identifier les maillons forts du cadre urbain, sur lesquels s'appuyer pour planifier son adaptation aux changements climatiques. En ce sens, la démarche participative élaborée doit amener les acteurs locaux à construire le problème des changements climatiques dans leur contexte.

Les acteurs locaux. La démarche de recherche-action menée sur le territoire métropolitain de Québec visait à intégrer une variété de répondants aux différentes étapes de la planification urbaine de l'adaptation aux changements climatiques. Lors de la première année, l'équipe de recherche a cherché à consulter des acteurs territoriaux, c'est-à-dire des individus dont la connaissance du territoire et de ses caractéristiques est susceptible d'orienter les décisions prises pour l'aménagement et le développement de ce territoire. Ces acteurs territoriaux ont une connaissance variable des enjeux liés aux impacts et à l'adaptation aux changements climatiques et une proximité également variable de notre objet d'étude. Autrement dit, pour le diagnostic territorial, l'équipe a cherché à consulter les professionnels, les organisations et les décideurs du milieu pouvant discuter des caractéristiques sociales, économiques, physico-spatiales, environnementales, etc. de la région de Québec dans l'optique de les mettre en lien avec le climat et les changements climatiques. Ces intervenants pouvaient être issus du secteur public, du milieu associatif et communautaire ou de la pratique privée. L'échelle de leur intervention varie grandement, certains travaillant uniquement à l'intérieur des limites d'un quartier (comme les organisateurs communautaires), d'autres étant concernés par des questions touchant l'ensemble du Québec (les professionnels des ministères, par exemple) et d'autres encore couvrant le territoire métropolitain de Québec (les consultants en gestion environnementale, notamment).

Lors de la deuxième année, dont il sera davantage question à la section 1.2 du présent chapitre et dans les chapitres 4 et 5, l'équipe de recherche s'est tournée vers des experts spécialisés pour répondre aux interrogations soulevées lors du diagnostic territorial concernant les enjeux d'adaptation. Ces experts avaient, ici encore, des profils variés, mais ils évoluaient tous dans les domaines qui les rendaient aptes à traiter des impacts et de l'adaptation du milieu urbain relatifs au transport et à la mobilité des personnes (1), à la qualité et à la disponibilité de l'eau potable (2) et à l'exposition du cadre bâti à la chaleur (3). Ces professionnels évoluaient dans le secteur public ou associatif, pour la plupart, mais certains étaient aussi issus du secteur privé, les architectes sollicités sur les enjeux relatifs à la chaleur notamment.

Lors de la troisième année, abordée plus amplement dans la section 1.3 et au chapitre 3, la mobilisation visait à rejoindre des professionnels interpellés par les questions de design urbain de l'adaptation (architectes, designers urbains, urbanistes, spécialistes de la planification publique, architectes du paysage, élus, etc.), dans un premier temps, et des représentants de la société civile (associations de citoyens, résidents, intervenants sociaux, etc.), dans un second temps. L'objectif était, d'une part, de faire participer des professionnels à l'élaboration de scénarios de design de l'adaptation de façon itérative et, d'autre part, de consulter différents représentants de la société civile sur l'adéquation des mesures d'adaptation proposées pour le milieu.

Le tableau suivant (tableau 1) récapitule le profil des acteurs mobilisés à chaque année de la démarche, leur nombre et leur échelle d'intervention principale.

Tableau 1 : Profil des participants sollicités par l'équipe de recherche entre 2010 et 2013

Année	Types d'acteurs	Nombre	Échelle d'intervention principale
Année 1 – diagnostic territorial	Représentants de citoyens, d'associations et d'organisations à but non lucratif (OBNL)	8 (8 au forum)	Urbaine et métropolitaine
	Représentants du milieu municipal et métropolitain (urbanistes, directeurs généraux, inspecteurs, analystes de l'environnement)	10 (6 au forum)	Urbaine et métropolitaine
	Représentants du milieu des affaires	14 (3 au forum)	Urbaine et métropolitaine
	Représentants de la fonction publique québécoise (affaires municipales, environnement, transports, capitale nationale)	7 lors du forum	Provinciale
	Représentants du secteur parapublic (transport en commun) et paramunicipal (santé et services sociaux)	10 (7 au forum)	Métropolitain
	Représentants du milieu universitaire et de la recherche	7 (3 au forum)	
Année 2 – évaluation multicritère des risques	Représentants du secteur des transports et de la mobilité (ministère des Transports, milieu municipal et métropolitain, milieu universitaire et de la recherche)	8	Urbaine, métropolitaine, provinciale
	Représentants du secteur de la gestion de l'eau (milieu municipal et métropolitain, milieu universitaire et de la recherche)	4	Urbaine, métropolitaine, provinciale
	Représentants du milieu du design, de l'architecture et de l'ingénierie (bâtiment)	5	Architecturale, urbaine, métropolitaine, provinciale
Année 3 –	Représentants de citoyens, d'associations et	8	Quartier, urbaine

design urbain de l'adaptation	d'organisations à but non lucratif (OBNL)		et métropolitaine
	Représentants de la pratique privée (architecture, urbanisme, design urbain, promotion immobilière)	4	Architecturale, urbaine, métropolitaine
	Représentants du milieu municipal et métropolitain (urbanistes, analystes, architectes, ingénieurs, conseillers en consultation publique)	5	Urbaine et métropolitaine
	Représentants de la fonction publique québécoise (affaires municipales, environnement, transports, capitale nationale, société d'habitation)	5	Métropolitaine, provinciale
	Représentants du secteur parapublic (transport en commun) et paramunicipal (santé et services sociaux)	6	Métropolitaine
	Élus	2	Urbaine
	Représentants du milieu universitaire et de la recherche	4	

Logistique d'organisation et structure de participation. À toutes les étapes de mobilisation, l'équipe de recherche a engagé des étudiants du deuxième cycle universitaire intéressés par la démarche participative et par l'objet d'étude de l'adaptation aux changements climatiques pour l'assister dans la préparation et la réalisation des activités participatives. Le nombre d'étudiants a varié d'une année à l'autre, les besoins en support étant plus importants lors des années 1 et 3. Un étudiant à la maîtrise en aménagement du territoire et développement régional a ainsi collaboré à la prise de notes lors de la majorité des ateliers sectoriels de l'année 2010-2011. Durant cette même année, 10 étudiants ont été embauchés pour la prise de notes et l'analyse systémique des propos tenus lors du forum du 4 mars 2011, dont il sera question dans les pages suivantes. Quatre étudiants de deuxième cycle ont participé à la réalisation des ateliers multicritère ou de l'atelier sur la vulnérabilité lors de la deuxième année (2011-2012). En plus des étudiants d'architecture engagés dans le processus par le biais de leur atelier de design urbain à l'automne 2012, quatre étudiants à la maîtrise en architecture ont collaboré à l'élaboration des scénarios de design urbain de l'adaptation. Pour la réalisation des ateliers de design urbain en avril et en juillet, près d'une douzaine d'étudiants ont été mis à contribution. En d'autres termes, une importante équipe de soutien a été mobilisée pour la préparation et la tenue des activités participatives. Cela était possible dans le contexte universitaire et cela aura facilité la réalisation de ces activités de façon intensive (les activités étaient rapprochées dans le temps et touchaient à différents thèmes d'une fois à l'autre).

En ce qui a trait aux ressources financières, pour les événements d'une journée réunissant plus d'une vingtaine d'intervenants, comme le forum du diagnostic participatif ou l'atelier de design

urbain de l'adaptation, un budget d'environ 4 000\$ était prévu afin de couvrir les frais d'embauche des étudiants, la location de la salle et du matériel informatique, les frais de réception et la papeterie et les impressions. Le budget alloué à la réalisation des ateliers sectoriels de diagnostic et des ateliers multicritère était beaucoup moindre, puisqu'il requérait moins de fourniture et moins de support. Pour leur part, les ateliers associés au processus de design urbain s'appuyaient en grande partie sur des représentations visuelles, qu'il fallait élaborer (ressources humaines) et faire imprimer ou éditer. Le budget dédié à cette partie « design » de la démarche était conséquent. À titre d'exemple, les affiches imprimées pour l'atelier de juillet 2013 (au format 36 pouces de largeur par 60 pouces de hauteur) ont coûté autour de 300\$ chacune.

En ce qui concerne la structure de participation, elle a été élaborée de façon à permettre aux acteurs consultés d'y introduire leurs pratiques et leurs propres manières de traduire leurs préoccupations. Le dispositif que nous avons mis en place favorise la présentation des sensibilités territoriales telles que perçues par les acteurs qui y évoluent. Quelles sont les particularités environnementales, sociales, architecturales, organisationnelles du territoire métropolitain de Québec que les experts de ce territoire interprètent comme étant susceptibles d'être affectées par les changements climatiques? Quelles sont les conséquences éventuelles des changements appréhendés pour Québec? Afin d'offrir un espace de réflexion et d'expression aux acteurs territoriaux, nous avons choisi de la mettre à profit dans notre démarche, la formule des groupes de discussion (focus groups) qui a fait ses preuves à titre d'espace d'interaction fertile, telle qu'en fait foi la littérature et l'expérience des membres de l'équipe de recherche (Morgan, 1998; Vachon et al., 2007, Joerin et Rondier, 2008).

Pour bonifier la compréhension des effets multiples et en chaînes que pouvaient avoir les changements du climat, il apparaissait important que le dispositif participatif croise les regards d'experts issus de différents secteurs : gestion municipale, information et sensibilisation des citoyens, programmation gouvernementale provinciale, intégration sociale et réadaptation, organisation communautaire, aménagement et développement. Néanmoins, avant de réellement croiser les expertises lors d'un forum qui a eu lieu le 4 mars 2011 et qui était le point culminant de cette première année de démarche, nous avons choisi de poser les fondements du dispositif participatif de façon sectorielle. Six groupes de discussion, comptant chacun huit à dix intervenants, ont ainsi été organisés entre novembre 2010 et mars 2011. Les ateliers de discussion portaient sur les effets du climat sur les activités des participants, d'une part, et sur les idées que ces intervenants avaient des modes d'adaptation au climat, d'autre part.

L'un de ces ateliers a été réalisé dans le cadre du travail d'essai-laboratoire d'étudiants à la maîtrise en aménagement du territoire et de développement régional. L'essai-laboratoire portait sur l'influence des caractéristiques propres au milieu urbain sur les enjeux d'adaptation à aborder. L'atelier de discussion organisé et animé par les étudiants est venu compléter les autres ateliers, en ciblant plus spécifiquement la consultation de résidents d'un quartier central de Québec (le quartier Saint-Sauveur). Il a permis de mettre en perspective l'importance de l'enjeu de la chaleur et de l'îlot de chaleur urbain pour les résidents de ce secteur. Notons qu'une deuxième équipe d'étudiants s'est aussi penché sur les enjeux de l'adaptation aux changements climatiques pour Québec, en s'intéressant plus particulièrement à la gestion de l'eau potable et à sa qualité à la source selon la localisation du réseau.

Lors du forum de mars 2011, nous souhaitons également mettre à contribution la cinquantaine d'intervenants mobilisés pour dépasser les effets de première ligne, soit les liens directs entre le climat et l'environnement telle que la hausse des températures moyennes qui fait augmenter la température de l'eau dans les cours d'eau. Une fois le lien établi entre cette augmentation de la température et celle de l'eau, nous souhaitons que les participants explorent les conséquences possibles de l'augmentation de la température dans les cours d'eau sur l'approvisionnement en eau potable. Que peut-on appréhender comme effets dans la gestion organisationnelle municipale du réseau? Qu'est-ce que cela signifie en termes de besoins pour la formation des techniciens et des professionnels? Voilà le genre de questions sur les effets de seconde et troisième lignes que nous cherchions à aborder dans le cadre du dispositif participatif de diagnostic territorial.

Tableau 2 : Outils méthodologiques mobilisés lors de la réalisation du diagnostic territorial de l'année 1

	Ateliers de discussion	Forum	Sondage	Essai-laboratoire	Revue de littérature
Objectifs	Mobilisation Apprentissage sur le niveau de connaissance et de mobilisation par secteur d'activité	Exploration multidisciplinaire des conséquences des changements climatiques Contribution à une certaine mobilisation des acteurs concernant l'adaptation	Obtenir rétroaction sur la forme de l'exercice (forum) et sur les apprentissages qu'il a permis au regard de l'adaptation aux changements climatiques	Exploration multidisciplinaire des conséquences des changements climatiques sur quatre secteurs de l'agglomération (2 x 2 secteurs)	Exploration des conséquences des changements climatiques sur les milieux urbains à partir des études scientifiques et à partir d'autres contextes.
Forme	Discussion par secteur d'activité	Discussion intersectoriel		Croisée : documentation, littérature et rencontres	Rédaction d'une synthèse
Nombre de personnes	Environ 50 (6 x 8-10)	Environ 50	26	9 étudiants à la maîtrise (1 groupe de 4 et un autre de 5)	
Date ou période	Nov. 2010 à mars 2011			Sept. 2010 à mai 2011	
Territoire	Région métropolitaine de Québec	5 secteurs types		Arrondissements Sainte-Foy/Sillery/Cap-Rouge et Cité-Limoilou, d'une part, Quartier Saint-Sauveur de Québec et	Région métropolitaine de Québec

				Sainte-Brigitte-de-Laval, d'autre part.	
--	--	--	--	--	--

Dans cette optique, nous avons élaboré la structure des groupes de discussion et du forum de la première année du projet en ancrant la discussion dans le territoire. Cela s'est fait de deux manières. Lors des groupes sectoriels, les questions posées avaient trait à l'expérience subjective des individus. Lors du forum, la discussion de chacun des cinq sous-groupes de discussion s'est articulée autour d'une représentation cartographique d'un secteur existant de la Communauté métropolitaine de Québec (voir l'exemple du secteur de Boischatel en fin de chapitre). En prenant un secteur géographique réel comme objet de discussion, il devenait possible de s'accrocher à l'expérience urbaine des acteurs et d'identifier des secteurs ou des dimensions majeures dans l'organisation (D'Ercole et Metzger, 2009). Les cinq secteurs géographiques retenus pour aborder les différentes constituantes du territoire de Québec étaient : une partie du quartier Limoilou, la municipalité Boischatel, la tête des ponts de Sainte-Foy, le quartier St-Jean-Baptiste et le quartier Duberger. Ces secteurs étaient distincts par leurs caractéristiques, notamment leur densité, leur topographie, leur composition socio-démographique. Ils étaient tout de même comparables, surtout au regard de leur proximité avec les participants : la plupart des participants vivaient, travaillaient ou connaissaient bien les grands enjeux caractérisant le secteur.

La mise en situation autour d'un secteur réel offre un cadre de référence commun, à partir duquel les intervenants sollicités discutent des choix, des valeurs, des priorités et des orientations qui guident la planification de l'adaptation, au moins pour un temps. Concrètement, les participants au forum ont été mis en situation, invités à se plonger dans le cadre d'un secteur – un quartier urbain, un quartier périphérique, une banlieue – à la manière d'un itinéraire spontané dans l'espace urbain. Le point de départ de l'animation était un lieu spécifique du territoire, identifié préalablement comme présentant une sensibilité remarquable. Il pouvait s'agir d'un lieu particulièrement minéral, sensible aux ilots de chaleur urbains; d'un point bas, sensible aux inondations ; ou encore d'une maison de santé concentrant une population vulnérable. À partir de ce point d'entrée, les participants étaient invités, soit à discuter du lien entre ces sensibilités et le climat, soit à développer sur d'autres lieux ou aspects du secteur possiblement affectés par l'événement climatique ou ses premières conséquences territoriales. Ainsi, un intérêt était porté aux enjeux qui découlent d'autres sensibilités : une pollution potentielle de l'eau souterraine peut par exemple induire la contamination de l'eau d'une école. En se déplaçant de lieu en lieu ou d'un événement à l'autre, les participants étaient invités à caractériser les forces et les faiblesses du secteur géographique considéré, en regard du climat.

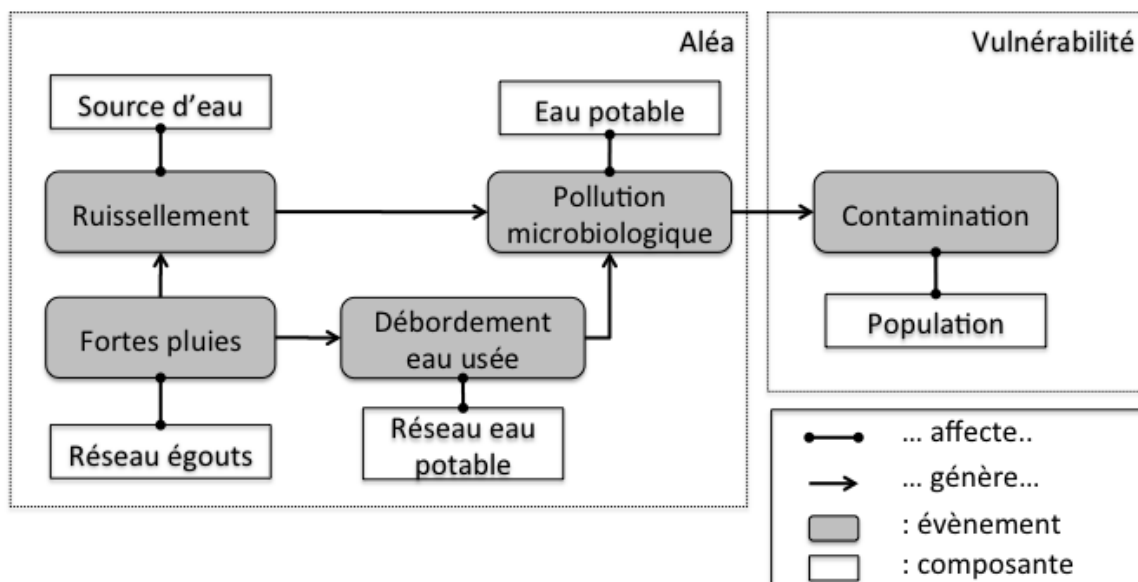


Figure 1: Exemple de schéma systémique causal résultant des propos des participants. Sur cet exemple, les « Fortes pluies » sont des évènements climatiques, alors que le « Ruissellement », le « Débordement d'eau usée » sont des évènements territoriaux.

Pour clore ce forum d'une journée, une mise en commun des sensibilités identifiées en première partie et un retour sur la schématisation des mécanismes de risque a été réalisée (voir Figure 1 pour un exemple d'un schéma systémique). Ce partage des résultats des échanges aura permis à l'ensemble des acteurs présents de prendre connaissance des généralisations pouvant être tirées de la réflexion sur la région de Québec.

Les individus réunis lors des ateliers de discussion et du forum nous ont offert, avec leur lunette particulière, un riche portrait des réalités locales. Ce qu'ils ont traduit en exprimant leurs représentations des points forts et des maillons faibles du territoire de Québec peut être considéré comme un tableau sensible des éléments à considérer dans la réflexion sur l'adaptation aux changements climatiques. En outre, tel qu'en fait foi le sondage en ligne qui a été administré quelques semaines après le forum afin de recueillir l'opinion des participants sur la pertinence de l'exercice, le processus participatif mis en place dans le cadre de la première année a su mobiliser une variété d'intervenants autour de la question de l'adaptation aux changements climatiques. Cette question est encore rarement directement abordée dans le travail « régulier » des acteurs territoriaux et la journée du forum a constitué une occasion intéressante d'actualiser les connaissances de chacun et chacune sur le sujet. Le forum a aussi permis de faire la démonstration qu'il est possible pour des intervenants évoluant au sein de divers secteurs (santé et services sociaux, environnement, sensibilisation, aménagement, transport, etc.) de se saisir de la question des changements climatiques pour la faire atterrir dans la ville.

Cela dit, si une démarche de diagnostic participatif présente un intérêt réel pour la planification de l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle locale, elle porte aussi certaines limites, qui doivent être énoncées.

1.2.2 Quelques limites du recours à une approche participative pour planifier l'adaptation aux changements climatiques

La collaboration d'une grande diversité d'acteurs ne se fait pas sans obstacle et nos constats rejoignent ceux déjà mentionnés dans la littérature. La mise en dialogue de plusieurs disciplines s'accompagne généralement de défis relatifs aux cadres de références utilisés, aux systèmes de valeurs, aux intérêts et même au langage (Aslin et Blackstock, 2010). La rencontre entre différentes valeurs et différents intérêts peut même ébranler la mobilisation de certains acteurs. La diversité des langages et des grilles de lecture fait parfois barrière au partage des connaissances et à la compréhension mutuelle des intervenants (Füssel, 2007). Les atouts inégaux des participants à un dispositif peuvent aussi remettre en question la portée réelle de la dimension collaborative de ce dispositif (Mouffe, 1999).

En ce qui a trait à la question spécifique de l'appréhension des effets des changements climatiques sur le milieu, certains obstacles plus relatifs au contenu partagé se posent également. Une approche participative de diagnostic des enjeux territoriaux de l'adaptation implique de s'en remettre à des perceptions de ces enjeux et de leurs effets. Dans quelle mesure cette appréciation peut-elle être jugée fiable et valide ? Est-il pertinent de distinguer les risques avérés des risques perçus par les acteurs territoriaux, sachant qu'un risque perçu est forcément influant dans la prise de décision, qu'il s'avère ou non ? De façon corollaire, cela pose le défi de s'en remettre à la représentation que se font les acteurs territoriaux du risque climatique, alors que ce risque est généralement perçu, du moins en Amérique du Nord, comme étant distant et modéré (Leiserowitz, 2005). Comment initier une dynamique d'anticipation, dans un contexte où les problèmes sont intangibles et peu menaçants ?

En outre, le recours aux représentations des acteurs territoriaux entraîne également une potentielle confusion quant à la responsabilité de l'intervention et à l'échelle à laquelle on devrait intervenir. Les connaissances climatologiques des individus représentés dans l'exercice participatif ne leur permettent pas forcément de participer à la réflexion autrement qu'à titre privé ou personnel. En plus, les bénéfices liés à l'adaptation sont généralement plus intéressants et plus faciles à percevoir pour les entreprises et les ménages que pour les gouvernements.

Cependant, plusieurs arguments prêchent en faveur d'une approche participative de planification. Le premier est celui de la possibilité d'obtenir un portrait ancré et appuyé des éléments à considérer dans la réflexion sur l'adaptation locale aux changements climatiques. Le second, tout aussi important, est celui de l'appropriation des enjeux de la problématique, condition selon nous indispensable, à la mise en œuvre opérationnelle de mesures d'adaptation.

1.2.3 Portrait des préoccupations d'adaptation pour la région métropolitaine de Québec

Les pratiques participatives des ateliers sectoriels et du forum combinées font du dispositif que nous avons mis en place un cadre méthodologique pouvant guider le processus de planification de l'adaptation. Plus précisément, ces activités participatives de la première année permettent la mise en place de la phase 1 du processus de planification classique, soit celle de la compréhension, du diagnostic. Elles servent également de fondement pour les deux phases suivantes, à savoir l'élaboration et la sélection des options d'aménagement (2) et leur mise en place (3) (Ekstrom, Moser & Torn, 2011). Notre projet de recherche-action n'avait pas l'ambition de réaliser la phase

3 du processus de planification de l'adaptation, mais la phase 1 devait permettre de définir le problème de façon collective et servir de base au développement d'options d'interventions.

Les groupes de discussions étaient suffisamment comparables, par leur composition et par la demande qui leur était formulée, pour avancer que les convergences entre les éléments qui ressortent d'une table à l'autre peuvent être comprises comme des indicateurs des sensibilités du territoire aux changements climatiques. Les éléments de convergence d'un groupe à l'autre concernent les liens à surveiller entre le climat et le territoire. Ces liens ont été réalisés par les participants, mais pas forcément de façon explicite. Nous les avons identifiés à partir des synthèses des discussions. Quels sont donc les éléments de réponse en termes de sensibilités sociales, environnementales, organisationnelles, matérielles, qui ressortent des discussions? Quels sont ceux qui convergent?

Une analyse des thèmes discutés au sein des cinq tables lors du premier atelier de la journée du forum montre que les propos des participants avaient majoritairement traités aux six grandes thématiques suivantes : la mobilité, la santé, le cadre bâti, l'environnement naturel, la gouvernance et le tourisme. Le nombre de sous-thèmes associé à chaque thème varie considérablement de même que l'association avec les événements météorologiques. Certains grands thèmes ne sont associés qu'à une dimension du climat ou de la météo.

Le cadre bâti est abordé de plusieurs façons par les participants au forum, depuis l'âge des constructions jusqu'à la densité, en passant par les matériaux de construction et l'orientation des bâtiments. L'environnement, de la même façon, amène les participants à discuter des parasites, de la morphologie des cours d'eau, de la topographie, des types de sol, des sensibilités du milieu naturel selon le contexte. L'effet de la pluie et de la neige est mis en relation par les participants avec les caractéristiques de l'environnement urbain. Les questions de gouvernance sont également nombreuses à être traitées par les acteurs réunis au forum, dont près de la moitié sont issus du secteur public ou parapublic (ministères provinciaux, centres de santé et de services sociaux – CSSS) ou d'organisations non gouvernementales.

C'est néanmoins autour de la santé que convergent le plus les préoccupations des participants d'une table à l'autre. L'état de santé des individus, la qualité de l'air et l'âge de la population ressortent comme des caractéristiques sociales à mettre en lien avec les changements climatiques dans la réflexion sur les enjeux sanitaires et de santé publique en contexte de changements climatiques. La qualité de l'eau potable, le confort de la population et les îlots de chaleur sont apparus comme des préoccupations récurrentes entre les participants. Ces derniers associaient ces enjeux à l'augmentation anticipée des températures moyennes et à celle de l'occurrence et de la durée des vagues de chaleur et des épisodes de sécheresse.

Dans la suite de la démarche, les informations obtenues lors du processus participatif ont été comparées à la littérature scientifique sur les trois sujets qui retenaient notre attention (eau potable, chaleur/bâti, transport/mobilité). Cette mise en commun ou en parallèle a mené à la formalisation de chaînes de conséquences et à l'élaboration d'un cadre conceptuel pour l'analyse des risques (voir figure 2). Ces schémas servent de base pour avancer dans l'évaluation des risques. Ils ont également été envoyés à tous les participants du forum et aux participants des groupes de discussion sectoriels.

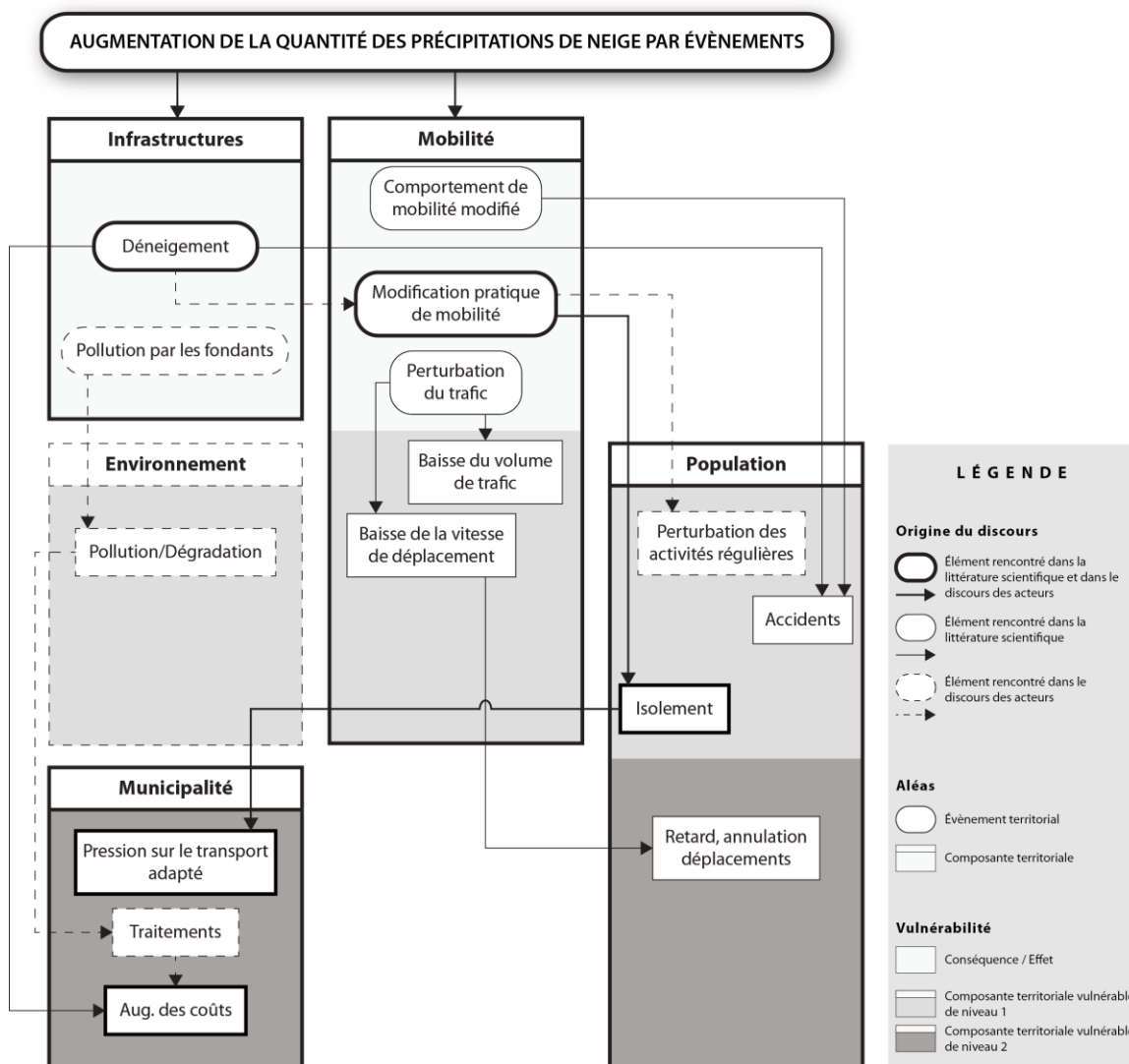


Figure 2 : Exemple de chaîne causale rassemblant les résultats du Forum et la revue de littérature

1.3 Cartographie des aléas et des dynamiques urbaines

Les résultats opérationnels du diagnostic participatif du territoire nous amènent à dresser une liste des principaux événements météorologiques qui affectent l’approvisionnement en eau potable, la mobilité et les transports et le cadre bâti, ainsi qu’un ensemble de chaînes de conséquences découlant de ces événements climatiques. À partir de ces résultats, la seconde phase de la démarche de recherche-action vise à identifier les secteurs de l’agglomération où les risques générés par ces chaînes de conséquence sont les plus importants (voir Tableau 3 sur les étapes de cette seconde phase). La cartographie des aléas est croisée à une cartographie des dynamiques urbaines, afin d’identifier les secteurs cibles pour lesquels l’adaptation aux impacts des changements climatiques est prioritaire.

1.3.1 Cartographie des risques multicritères

Une première série d'ateliers participatifs, destinés à valider les critères identifiés par l'équipe comme pouvant être documentés et permettre une évaluation multicritère en lien avec l'approvisionnement en eau potable, les infrastructures de transport et les îlots de chaleur urbains a été menée en décembre 2011. Les critères retenus ont ensuite fait l'objet d'un travail de documentation. Ces critères ont ainsi pu alimenter une classification multicritère visant à hiérarchiser et discriminer les risques dans le territoire métropolitain de Québec. Les résultats de cette étape sont l'objet principal des pages qui suivent. Nous présentons, dans l'ordre, les résultats des démarches sur 1) les infrastructures de transport, 2) la qualité et la disponibilité de l'eau potable et 3) le degré d'exposition à la chaleur du cadre bâti.

Tableau 3 : Différents outils méthodologiques mobilisés lors de la deuxième année consacrée à l'évaluation multicritère des risques et à l'analyse des dynamiques urbaines

	Schémas causaux	Choix et des définitions des critères	Ateliers d'évaluation et d'inférence des aléas
Objectifs	Vue synthétique des mécanismes de production du risque pour la région de Québec issus du diagnostic participatif	Choix et validation des principaux critères permettant d'évaluer le risque	Récolte des appréciations d'experts permettant de paramétrer l'analyse multicritère et la hiérarchisation des différentes unités territoriales types selon leur degré d'exposition à (a) la chaleur, (b) la qualité et la distribution de l'eau potable, (c) les bris d'infrastructures
Forme	Figure	Atelier de discussion dirigé	Atelier de discussion dirigé
Nb de participants	-	Entre 5 et 12	Entre 3 et 12 (parfois répété)
Date ou période		Décembre 2011	Février à Mai 2012
Thème	Eau, Chaleur, Mobilité		
Logiciels et supports	Analyse multicritère, outil de type « ensembles approximatifs basés sur la dominance » (EABD - DRSA) , Système d'information géographique		

1.3.1.1 Démarche d'évaluation des risques associés aux infrastructures de transport dans la région de Québec

Une fois constatées les préoccupations territoriales et identifiées les données nécessaires pour valider les critères correspondant à ces préoccupations (atelier 1 de l'année 2), un exercice cherchant à définir l'importance des aléas climatiques (cycles de gel/dégel; températures élevées;

augmentation des précipitations; fortes pluies) dans la dégradation des infrastructures routières a été organisé avec neuf experts du génie civil et de la gestion de la mobilité en février 2012. Cet atelier qui a pris la forme classique d'un atelier multicritère visait à récolter les appréciations des décideurs (ici des experts issus du secteur du génie civil, de l'hydrologie, de l'architecture, de la planification territoriale, de la gestion de l'eau potable).

Cependant, cet atelier d'évaluation multicritère n'a pas produit les résultats attendus. Malgré la mobilisation soutenue des participants aux ateliers d'évaluation, les discussions ont montré que les experts ne pouvaient entrer dans la logique d'une approche qui évalue « qualitativement » les dangers de perturbation ou de dégradation des infrastructures routières en contexte de changements climatiques. Autrement dit, alors qu'une première rencontre, qui s'est d'ailleurs très bien déroulée, avait permis d'identifier l'ensemble des facteurs ou critères qui détermine la relation entre le climat et la dégradation des infrastructures routières, les experts se sont sentis dans l'incapacité de hiérarchiser ces critères. En fait, la discussion a plutôt évolué vers une remise en question générale du lien entre le climat et les éléments qui dégradent habituellement les infrastructures routières.

L'équipe de recherche s'est intéressée aux raisons possibles pouvant expliquer une telle remise en question de l'association entre dégradation et climat par des experts, qui avaient pourtant contribué à choisir les facteurs pertinents à l'évaluation multicritère des dangers climatiques quelques mois plus tôt, lors du premier atelier de discussion (décembre 2011).

En premier lieu, considérant que les schémas causaux liant les événements climatiques aux conséquences sur le système de transport et mobilité ont été produits par le croisement d'une diversité d'experts, mais aussi complétés et ajustés par une revue de littérature, il nous semble que ces liens fondamentaux ne doivent pas être remis en question par les résultats de cet atelier. Cette position se défend d'autant plus facilement que lors du premier atelier, les experts se sont facilement mis d'accord sur les facteurs qui influencent les relations entre le climat et les transports. Par conséquent, le problème rencontré se situe probablement plutôt dans l'application de ces relations (théoriques) au contexte spécifique de l'agglomération de Québec. Autrement dit, le climat influence certainement la dégradation des infrastructures de transports, mais les experts locaux considèrent que les connaissances et données disponibles ne sont pas suffisantes pour distinguer soit des parties du réseau où le danger est plus important, soit des facteurs qui l'aggravent. La rareté des données sur l'état des infrastructures montre d'ailleurs que ce domaine et, surtout, son lien avec les changements climatiques, reste encore très peu explorés.

Cela dit, le manque de données face aux changements climatiques n'est pas l'apanage du domaine des transports, et c'est précisément pour y faire face que nous proposons une approche multicritère qui met en valeur les connaissances expertes. Or, cette approche n'a pas suscité l'intérêt espéré, possiblement en raison de la culture organisationnelle ou disciplinaire associée à la gestion des infrastructures routières très peu coutumière à la réalisation d'ateliers de discussion interdisciplinaires. Les experts rencontrés semblaient en effet peu réceptifs à l'exploration de pistes informelles. Par exemple, l'exercice de projection autour d'un scénario voyant un incident météo ou climatique majeur dégrader une route principale ne parvient pas à dépasser la réponse : *« ce genre d'incident est déjà prévu et il est facilement géré par les équipes de génie »*. À d'autres

moments de l'atelier, où l'on cherche à explorer les conséquences éventuelles d'une dégradation et l'évaluation de l'importance des conséquences pour la collectivité, la réponse « ça ne se peut pas » ou « ça ira bien de toutes façons » court-circuite l'exercice. Un peu dans le même sens, plutôt que de s'en remettre à leur expérience et à leurs connaissances pour pallier le manque de données (comme le feront plus tard les participants à l'atelier sur l'approvisionnement en eau potable et la chaleur pour le bâti), les participants à l'atelier sur les transports cherchent à obtenir plus d'informations objectives pour faire l'évaluation. Ces informations n'étant pas disponibles, l'évaluation est impossible à réaliser.

En outre, le caractère systémique du réseau de transport apparaît difficilement réductible. La réflexion sur les conséquences d'un aléa climatique sur un secteur géographique particulier et ses infrastructures est systématiquement ramenée à l'impact de l'aléa sur le reste du réseau. Enfin, les participants ont plus de difficulté à réfléchir à partir des changements climatiques appréhendés. Il est plus tangible ou du moins plus évocateur d'aborder certains effets climatiques de ces changements. Par exemple, la discussion est davantage stimulée par la référence au raccourcissement de la saison hivernale que par la référence à l'augmentation des températures.

Face à cette situation, certes décevante, mais aussi compréhensible et en partie prévisible, il y aurait lieu de prévoir une plus longue préparation de l'atelier. Il s'agit notamment d'être particulièrement attentif à la présentation de la forme de l'atelier, afin de vérifier si les participants peuvent adhérer à une forme de raisonnement inhabituel. Une discussion préalable à leur participation précisant clairement ses objectifs serait d'ailleurs souhaitable.

Par ailleurs, la forme de l'atelier privilégiée invitait les participants à décomposer la relation entre le climat et les infrastructures en critères de différents niveaux. Or, cette décomposition du problème, classique en science, s'associe naturellement à la récolte de connaissances et de données précises et validées. Il est donc difficile ou paradoxal d'inviter les participants à appliquer un raisonnement global et quelque peu approximatif, dans cette logique qui va vers le détail. Afin de contourner cette difficulté, nous recommandons d'utiliser, tel que nous l'avons testé par la suite, les méthodes dites d'inférence qui ne demandent aux experts de prendre position que sur des appréciations globales.

1.3.1.2 – Démarche d'évaluation des dangers associés à la qualité et la disponibilité de l'eau potable à Québec

L'atelier sur l'approvisionnement en eau potable a été organisé de façon à éviter les écueils mis à jour lors de l'atelier sur les infrastructures de transport. Le choix de la technique d'inférence (Chakhar et Saad, 2012; Greco et al., 2001; Mousseau et Slowinski, 1998), qui consiste en une comparaison de la vraisemblance de l'aléa (de plus probable à moins probable) entre différents secteurs de référence, a été judicieux pour la conclusion de l'exercice d'évaluation. Il a ensuite permis une généralisation de l'évaluation à tout le territoire à l'étude (voir chapitre 4 pour plus de détails). L'exercice a été répété pour deux aléas associés à l'approvisionnement en eau potable (le risque de la diminution de la qualité microbiologique de l'eau potable au robinet du consommateur, le risque de la diminution de la disponibilité de l'eau potable au robinet du consommateur) pour chaque événement climatique à l'étude (cycles gel-dégel, forte pluie,

sécheresse sévère). Cette façon de faire est dynamique et très appliquée au terrain d'étude, ce qui en accroît le caractère tangible et favorise l'élaboration de liens avec l'expérience de chaque intervenant. Le nombre de participants beaucoup plus petit (3 intervenants) et le recours des experts à leur expérience personnelle sont, selon nous, également des facteurs de réussite de cet atelier.

Soulignons néanmoins que les participants ont rencontrés certaines difficultés à prendre en compte les spécificités de l'évènement climatique (ex. : fortes pluies) dans leur appréciation de la vraisemblance de l'aléa (ex. : comment appréciez-vous la vraisemblance de la diminution de la qualité microbiologique de l'eau potable au robinet du consommateur ?). Ceci est principalement dû au fait que l'évènement climatique en tant que tel n'est pas quantifié (on ne sait pas son intensité, sa durée, etc.). Par conséquent, les participants n'ont pas assigné un niveau de vraisemblance absolue (i.e. très vraisemblable ou peu vraisemblable) aux secteurs de référence à l'étude mais plutôt un niveau de vraisemblance relative. Autrement dit, l'appréciation des experts concernait la vraisemblance qu'un aléa affecte un secteur plus qu'un autre : l'aléa est plus vraisemblable dans ce secteur que dans un autre.

1.3.1.3 - Démarche d'évaluation des dangers associés à l'exposition du cadre bâti à la chaleur

La démarche de récolte des avis d'experts au degré d'exposition à la chaleur des différents secteurs de la Communauté métropolitaine de Québec s'est elle aussi basée sur le principe de l'inférence. Suivant le principe d'un groupe focus, les participants étaient invités à se prononcer en considérant des secteurs types, représentatifs des principales formes urbaines rencontrées sur le territoire. Lors de cet atelier, mené en mai 2012, le profil diversifié des participants à l'atelier et la division du groupe en deux sous-groupes de 3-4 individus, au sein desquels les compétences étaient également réparties, a favorisé les échanges et la complémentarité des propos. Cette formule en petits groupes de discussion permet des échanges intenses et approfondis, ce qui était recherché, puisque le contenu de ces discussions est aussi important que leur résultat (le consensus obtenu). L'utilisation d'informations graphiques dans les fiches descriptives des 13 secteurs s'est également avérée très concluante. Dans le même sens, la concentration de la discussion et de la réflexion sur les secteurs types, évitant une décomposition du problème en critères et sous-critère, a facilité l'appropriation des enjeux par les intervenants, qui pouvaient se référer à des cadres connus.

Cela dit, il est possible que dans un contexte comme Québec, où 70% du résidentiel sont de type « banlieue », les professionnels de l'architecture et du design soient plus familiers avec les caractéristiques de ce type de bâti. À l'inverse, les milieux centraux, plus denses, sont peut-être moins connus, moins le propre de leur expérience personnelle. Autrement dit, le contexte local et l'expérience individuelle teintent la réflexion et l'appréciation des types de secteurs. La façon de travailler et la culture professionnelle semblent aussi influencer la capacité de saisir les fins et les moyens d'une évaluation par inférence.

Par ailleurs, compte tenu de leur habitude à intégrer les caractéristiques sociales et fonctionnelles du milieu étudié à ses caractéristiques physiques, les professionnels de l'architecture et du

bâtiment ont rencontré quelques difficultés à ne considérer qu'exclusivement les composantes morphologiques des secteurs types pour apprécier leur degré d'exposition à l'îlot de chaleur urbain. Par exemple, il est apparu contre-intuitif pour les répondants d'envisager le degré d'exposition d'un bâtiment de trois étages, construit dans les années 40, en brique, avec un toit plat goudronné : les répondants mobilisés réfléchissaient en liant ce type de bâtiment avec ses occupants habituels (des locataires, ayant des revenus moyens, par exemple), avec sa détérioration possible (relativement mal entretenu), avec le cadre où on le trouve habituellement (un quartier dense, par exemple), etc. Il est possible que cette difficulté à ne considérer que les composantes morphologiques témoigne d'une certaine mécompréhension, de la part des professionnels, du levier d'adaptation que constitue la conception architecturale. Par le choix des matériaux, par l'orientation ou par l'application de différentes techniques passives, le bâtiment est susceptible d'être mieux adapté à son milieu et à son climat.

Cela dit, ces associations presque systématiques du bâtiment aux caractéristiques socio-économiques de ses occupants, au contexte urbain environnant doivent, selon nous, être prises comme des révélateurs de la façon de réfléchir et de fonctionner des professionnels de l'architecture, du design et de la conception. Ces derniers procèdent en intégrant, de front, diverses composantes et cela explique sans doute, comme il en sera davantage question au chapitre 6, qu'ils aient du mal à recourir à des outils d'analyse qui cloisonnent les dimensions.

De la même façon, il est apparu difficile pour eux d'envisager l'exposition à la chaleur d'un secteur indépendamment de sa contribution à la formation d'un îlot de chaleur urbain : selon eux, un espace industriel bétonné ou commercial est peu exposé à la chaleur, parce que les gens ne s'y trouvent que le jour, de façon temporaire, voire même régulée (obligations de la CSST de gérer les heures exposées, etc.). Ils reconnaissaient en revanche que ce type de secteur contribuait à la chaleur ambiante urbaine. Ainsi, la chaleur serait un enjeu, mais seulement là où les occupants du territoire peuvent en souffrir.

Les participants à l'atelier sur la chaleur ont aussi trouvé ardu de considérer une grande quantité de critères dans une même réflexion. Plus précisément, ces derniers devaient composer avec huit (8) critères urbains calculés sur l'ensemble d'un secteur (250 m x 250 m) et cinq (5) critères architecturaux calculés sur un seul bâtiment représentatif du secteur. La multiplication des critères, leurs échelles variées et leurs effets parfois contradictoires sont, selon nous, responsables de la difficulté perçue par les participants à l'exercice. Aussi, pour faciliter l'activité de hiérarchisation, il y aurait peut-être eu lieu de diminuer le nombre de critères et de ne considérer qu'une échelle à la fois.

Les données partielles, manquantes ou non accessibles sur l'ensemble du territoire de la CMQ n'ont pas permis de faire une cartographie précise des différents secteurs selon leur degré d'exposition à la chaleur. Elles ont néanmoins amené l'équipe de recherche à faire quelques constats concernant le lien entre l'îlot de chaleur urbain et le cadre bâti.

D'abord, l'échelle spatiale des critères sélectionnés est révélatrice de la perception de l'effet d'îlot de chaleur urbain par les professionnels. Les critères présentés initialement étaient plus ou moins répartis également entre l'échelle urbaine (48%) et architecturale (53%), mais les critères validés

lors du premier atelier appartiennent majoritairement à l'échelle urbaine (68%). L'influence des caractéristiques architecturales sur la formation de microclimats urbains n'est donc pas reconnue. Ces résultats confirment la complexité de l'îlot de chaleur urbain et la difficulté que présente le concept de l'emboîtement des échelles spatiales pour les professionnels du bâtiment.

De plus, il apparaît que les professionnels comprennent que les secteurs commerciaux et industriels, caractérisés par de grandes surfaces asphaltées, sont plus chauds et que les secteurs résidentiels de faible densité, dominés par les espaces verts. Cela est effectivement vrai le jour en raison du rayonnement solaire, mais pas la nuit. L'îlot de chaleur urbain est en effet un phénomène principalement nocturne expliqué par des écarts de vitesse de refroidissement des différents secteurs de la ville. Ce refroidissement est de nature infrarouge, un phénomène invisible à l'œil nu. L'importance du refroidissement radiatif nocturne, sa relation avec une forme urbaine, architecturale et des surfaces données est largement sous-estimée par les professionnels. De plus, leur appréciation d'un degré d'exposition à la chaleur modéré dans les secteurs denses et compacts comme dans les secteurs dégagés, caractérisés par des immeubles de plusieurs étages, est aussi révélatrice de lacunes de compréhension.

Ainsi, la démarche sur l'exposition du cadre bâti à la chaleur en contexte de changements climatiques a amené à développer une réflexion innovante et socialement pertinente (Bourque, 2013) sur les outils à développer pour appuyer les professionnels de l'architecture et du design dans leur travail d'adaptation. Le chapitre 6 détaille cette réflexion et les outils qu'elle introduit.

1.3.1.4 - Dynamiques urbaines

La prise en compte des dynamiques urbaines pour en faire des ressources utiles à l'adaptation est l'un des postulats de notre démarche de recherche-action. Les dynamiques économiques, sociales, culturelles, politiques locales sont ainsi, selon cette approche, des éléments à considérer et à utiliser comme des possibilités de renforcer la résilience des milieux urbains. La documentation des dynamiques urbaines a fait l'objet d'un travail considérable durant l'année 2012. En outre, l'observation des dynamiques urbaines s'est avérée un élément-clé de l'identification des secteurs cibles pour l'orchestration de la troisième année de la démarche de recherche-action, qui débutait en septembre 2012, avec l'animation d'un atelier universitaire, comptant une trentaine d'étudiants de deuxième cycle en architecture, sur les enjeux socio-environnementaux du design urbain (adaptation aux changements climatiques, développement durable, aspirations résidentielles et mobilité). Nous reviendrons plus amplement sur les caractéristiques de cette troisième année et sur ses résultats (voir également chapitre 3 du présent rapport).

Le portrait des dynamiques propres à la région métropolitaine de Québec s'est appuyé sur une diversité de sources, parmi lesquelles on compte une série de neuf entretiens semi-directifs auprès d'intervenants chercheurs ou praticiens associés au développement et à l'aménagement du territoire. Les entretiens portaient sur les mouvements constatés actuellement sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Québec, sur les changements à venir, sur les secteurs où se concentrent les changements et sur le lien possible entre les changements urbains et les changements climatiques. À partir des réponses obtenues, une cartographie des secteurs mentionnés comme étant les plus dynamiques a été réalisées. Un serveur de cartes, pouvant être

consulté en ligne par les membres de l'équipe de recherche, a ainsi été développé. Intégrant une pluralité de sources documentaires (données de recensement, données sur les mises en chantier résidentielles, l'affectation des sols, les enquêtes Origine-Destination, etc.), cet outil cartographique est venu mettre en évidence les convergences entre les points de vue concernant les zones actuellement en transition ou appelées à se transformer dans les prochaines années, d'une part, et entre ces points de vue et les données plus objectives sur les transformations observables. Les secteurs de Beauport, du Plateau de Sainte-Foy et de Lebourgneuf se sont démarqués dans le territoire métropolitain. L'outil en ligne a favorisé le travail de communication entre les membres de l'équipe au moment du choix des zones prioritaires pour l'adaptation.

Car le portrait des dynamiques urbaines a servi d'appui au choix des secteurs à cibler pour la réflexion sur les mesures d'adaptation et de développement durable, plus généralement, à l'automne 2012.

1.3.1.5 – Choix des secteurs cibles

L'exercice du choix des secteurs cibles, sur lesquels se concentrent par la suite les mesures d'adaptation, est une étape importante d'une approche planifiée d'adaptation aux changements climatiques. En effet, aucune ville ne peut entreprendre globalement des mesures d'adaptation sur l'ensemble de son territoire.

Dans un contexte « réel », c'est-à-dire en dehors d'une démarche de recherche, cette étape implique évidemment une décision (politique) importante et délicate. Afin de simuler cette situation, nous avons souhaité rassembler, d'une part, un ensemble (synthétique) des informations produites par l'identification et la cartographie des dangers induits par les changements climatiques et, d'autre part, un ensemble d'acteurs locaux apportant chacun leur expertise. Cependant, les résultats des classifications multicritères des dangers n'étant que partiellement satisfaisant, il nous a semblé préférable d'interpeller directement des acteurs et chercheurs capables d'identifier les zones en transition, caractérisées par des dynamiques urbaines particulières (croissantes, décroissantes, vivant des pressions, etc.).

Si le volet 2 (année académique 2011-2012) de la démarche de recherche-action a été riche en apprentissages procéduraux, il l'a également été en réflexions et constats sur les façons de cibler certains secteurs urbains dans un contexte de forte incertitude socio-environnementale. En effet, nous avons constaté que les cartes produites par analyse multicritère n'étaient pas suffisamment éloquentes pour identifier des secteurs. Les cartes et données nécessaires pour la cartographie sont en nombre trop restreint – à l'échelle d'analyse de la métropole – pour offrir une démonstration intéressante des variations des aléas et des dangers sur le territoire. Par contre, nous avons constaté que les données permettant de documenter les dynamiques urbaines surpassent les autres données, plus statiques, quand vient le moment de sélectionner des terrains d'intervention opportuns. Les mouvements en cours pour transformer et produire la ville prennent ainsi plus de poids dans la réflexion des acteurs urbains, que les évaluations de niveau de risque dans le choix des secteurs qui devraient faire en priorité l'objet de mesures d'adaptation. Notre hypothèse de départ était qu'il est pertinent de saisir ces dynamiques urbaines pour y intégrer les préoccupations d'adaptation aux changements climatiques. Nous pensions pouvoir « additionner » ces dynamiques et leur localisation dans l'espace métropolitain aux localisations

des risques. Or, le choix des lieux à cibler pour l'implantation des mesures d'adaptation s'est fait davantage à la lumière des occasions de développement qu'à celle des lieux névralgiques. Cela soulève, selon nous, d'importantes questions d'équité et de justice sociale : l'intervention dans un quartier en croissance est peut-être plus opportune, mais elle n'est pas forcément plus pertinente. La façon d'assurer la combinaison de l'opportunité avec la pertinence gagnera à être abordée plus en profondeur dans des études ultérieures.

En ce qui concerne le choix des secteurs à cibler pour l'adaptation, sur la Rive-Nord de Québec, les secteurs du Plateau de Sainte-Foy, l'arrondissement de Beauport et le secteur Lebourgneuf se sont démarqués du point de vue des dynamiques urbaines. Ils ont été retenus comme étant opportuns pour la réflexion et l'implantation de mesures d'adaptation aux changements climatiques. Pour le choix des secteurs d'intervention sur la Rive-Sud, les dynamiques urbaines ont aussi été déterminantes, bien qu'elles aient été transmises par des praticiens et des décideurs évoluant sur le territoire de Lévis directement aux professeurs-chercheurs (sans intégration dans le cadre d'observation des dynamiques urbaines). Des projets immobiliers en cours, des intérêts politiques ou économiques, des occasions de développement ont ainsi été déterminants dans l'identification des secteurs opportuns pour réfléchir et planifier l'adaptation urbaine aux changements climatiques sur les deux rives du fleuve.

Il ressort de cette expérience encore plus clairement aujourd'hui que la pertinence d'une démarche de planification de l'adaptation urbaine aux changements climatiques s'appuie fortement sur la prise en compte du rapport régulier des praticiens, des décideurs et des usagers. Ces trois types d'acteurs (les professionnels de l'aménagement, du développement et de la gestion urbaine, les élus et les citoyens-résidents) ont une connaissance complémentaire des enjeux qui caractérisent le territoire, des projets en développement, des règles qui encadrent la vie en ville et de ce qui est socialement acceptable. Sans leur contribution à différents moments de la démarche de planification, il devient ardu de saisir les opportunités, de mettre à profit les forces ou de pallier aux faiblesses et sensibilités du territoire.

Le dernier volet de la recherche-action (2012-2013), qui introduit une démarche de design urbain de l'adaptation, met elle aussi à profit une diversité de regards. Elle contribue à éclairer tout l'intérêt de mettre en commun les connaissances et de les articuler à un langage « urbain », à une expérience du territoire. Comment le design peut-il servir de courroie de transmission entre les différentes disciplines et les différents usagers de l'espace urbain? Les mesures d'adaptation les plus « séduisantes » dans la forme passent-elles le « test de la réalité » du cadre réglementaire et de l'acceptabilité sociale?

1.4 *Le design de l'adaptation*

Après avoir identifié les secteurs métropolitains les plus dynamiques, l'objectif était de travailler à la conception de mesures d'adaptation contextualisées, en considérant les projets urbains et le cadre spatial, social et réglementaire. Pour ce faire, la troisième année du projet de recherche-action a été structurée en trois temps : 1) les ateliers universitaires de design urbain, 2) l'élaboration de scénarios d'adaptation, 3) la double consultation (ateliers de discussion traditionnels et consultation en ligne) de la population, des professionnels et des élus. Ces trois étapes, que nous passons en revue dans les pages qui suivent et qui sont présentées en détail au

chapitre 3 du présent rapport, s'appuient, ici encore, sur l'importante contribution d'experts et d'intervenants clés du territoire. Elles ont mené à la validation d'options d'aménagement de l'adaptation faisables et acceptables dans le contexte métropolitain de Québec.

1.4.1 Les ateliers de design urbain

À l'automne 2012, deux ateliers de design urbain, inscrits au cursus du programme de maîtrise de l'École d'architecture, ont été mis à profit pour initier le travail de réflexion et de conception de mesures d'adaptation en cohérence avec les autres enjeux urbains. Une trentaine d'étudiants, divisés en équipes de quatre, ont été invités à se projeter dans la métropole de Québec (trois secteurs de la Rive-Nord et secteurs de la Rive-Sud) en 2020, pour réfléchir à la conciliation des enjeux de développement durable en général, d'aspirations résidentielles et d'adaptation aux changements climatiques en particulier. Chaque équipe, associée à une partie des secteurs cibles, devait en faire l'analyse et concevoir des projets intégrant la préoccupation de l'adaptation aux changements climatiques. Là où le contexte le permettait, les projets conçus permettaient de répondre à la fois aux sensibilités sociales, environnementales et physico-spatiales du territoire.

Il nous semble important de souligner que la grande majorité des sites retenus pour les ateliers invitaient les étudiants à concevoir de nouveaux équipements, des interventions sur un cadre non bâti. En ce sens, la commande transmise, concernant l'intégration de l'enjeu de l'adaptation aux changements climatiques, portait le défi supplémentaire d'élaborer des projets sur des terrains non développés, en se référant à un cadre d'intervention (celui de l'adaptation) qui touche au cadre bâti existant, déjà en place. Comment « adapte-t-on » ce qui n'existe pas encore? En outre, le cadre d'intervention et de conception de projets adaptés interpelle des logiques de fonctionnement encore assez peu appliquées, des façons de faire encore peu adoptées par les professionnels québécois.

Afin de guider les étudiants dans cette exploration et dans la conception de l'adaptation, un comité d'experts interdisciplinaires, composé d'élus, de fonctionnaires municipaux et provinciaux, d'urbanistes, d'architectes, de promoteurs immobiliers, de représentants d'organisation non gouvernementales et de membres de l'équipe de recherche est intervenu à quatre reprises auprès des étudiants. Les séances de présentation et de consultation duraient à chaque fois une journée et permettaient aux experts de commenter et de bonifier les mesures d'adaptation proposées par les étudiants. Ce croisement des expériences et des points de vue a permis de mobiliser plusieurs nouveaux intervenants autour de la question des changements climatiques et de l'adaptation. Il a également alimenté le processus pédagogique et a permis de développer des projets de design urbain qui renforcent le potentiel d'adaptation des secteurs ciblés.

À partir des propositions développées, l'équipe de recherche a retenu celles qui offraient le plus de potentiel en ce qui a trait à l'adaptation du contexte local.

1.4.2 L'élaboration de scénarios d'adaptation

En janvier 2013, l'équipe architecte du projet de recherche a entamé un travail de précision des mesures d'adaptation issues de l'atelier de design urbain. Les propositions les plus avancées par rapport à la réflexion sur l'adaptation ont été retenues et retravaillées, dans le but d'en spécifier les implications pour les résidents et pour les décideurs.

Les processus participatifs de planification urbaine et de design urbain s'appuient traditionnellement sur différents dispositifs (groupes de discussion, charrettes de design, etc.), pour favoriser l'échange entre des intervenants issus de secteurs variés. Les animateurs de ces exercices participatifs recourent également à des outils de visualisation (cartes, plans, dessins, maquettes, etc.) afin d'informer les participants et de bien illustrer les options d'aménagement auxquelles on réfère. Ainsi, un travail de mise en relation du design avec le diagnostic territorial (année 1), avec la réflexion sur les critères à considérer dans l'évaluation des risques (année 2) et avec de précédents outils développés ailleurs pour l'adaptation aux changements climatiques a été entamé. Les designers urbains membres de l'équipe de recherche ont élaboré des représentations visuelles efficaces, ayant pour critères de qualité d'être facilement compréhensibles et réalistes par le plus grand nombre. Ces représentations allaient servir de base à la consultation de la population et d'intervenants clés de l'organisation et de la planification urbaine. Cette consultation s'est faite de deux manières, d'une part de façon traditionnelle, lors d'ateliers de design participatif, et d'autre part, en utilisant une technique de « crowdsourcing »¹ déployée par le biais d'un logiciel de consultation électronique. Un test de l'outil électronique a été réalisé au printemps 2013. La consultation a eu lieu à l'été 2013.

1.4.3 La consultation de la population, des professionnels et des élus sur le design de l'adaptation

L'essor des technologies numériques (téléphones intelligents, tablettes numériques) et des médias sociaux auxquels elles donnent facilement accès a contribué à renforcer le cadre communicationnel qui sert d'appui à la prise de décision. La recherche sur les outils de consultation en ligne invite à explorer le potentiel de ces technologies pour compléter, étendre et même renouveler les processus participatifs de planification urbaine (Brabham, 2012; Bugs et al, 2010; Dodge & Kitchin, 2013; Gordon & Manosevitch 2010; Proulx, 2009). Notre équipe de recherche a saisi le contexte favorable de la réflexion participative sur l'adaptation aux changements climatiques pour développer un volet innovant de consultation, appuyé par des outils électroniques de communication et de consultation.

Une consultation pré-test a été lancée en avril 2013 afin, d'une part, de s'assurer de la bonne compréhension des scénarios d'adaptation et des outils pour les représenter et, d'autre part, pour évaluer l'adéquation de l'outil de « crowdsourcing ». Plus justement, cette pré-consultation a elle-même été menée en deux temps, de deux façons. D'abord, 18 personnes ont été invitées à commenter en ligne les représentations graphiques et mises en contexte de mesures pour l'adaptation du voisinage, de la rue et de la maison. Ensuite, lors d'une séance en atelier à l'École d'architecture, 18 autres personnes, des professionnels de la planification et du développement urbain, quelques élus et quelques chercheurs, ont été invitées à interagir autour des mêmes représentations.

¹ Le crowdsourcing, que certains traduisent en français par « l'externalisation d'un contenu », consiste à interpellier les internautes pour répondre à des questions, pour créer des contenus, pour alimenter des pages Internet. Mis à profit comme outil de marketing et de construction de sites Internet à moindre coûts, parce que valorisant la contribution de participants externes à l'entreprise, le crowdsourcing est de plus en plus utilisé comme outil d'interaction en ligne, d'échange d'idées, de débat.

Au total, huit cadres urbains fictifs intégrant des mesures d'adaptation ont été produits : deux à l'échelle du quartier (un secteur scolaire et un îlot religieux), trois au niveau de la rue (un quartier résidentiel, un quartier commercial et une rue commerçante) et deux à l'échelle du logement (maison unifamiliale et un bâtiment multifamilial). Afin de détailler les mesures d'adaptation proposées, des fiches descriptives ont été réalisées (figure 3). Les 18 fiches produites présentent le type de levier d'action à laquelle la mesure d'adaptation appartient (forme urbaine, architecture, couvert naturel, matériaux), une représentation graphique de la mesure, les aléas climatiques ou météorologiques auxquels elle permet de s'adapter, ses forces en termes d'avantages pour le milieu, ses faiblesses ou limites et quelques références pour en savoir plus sur la mesure.



10 Système de collecte et de filtration des eaux grises

Système de plomberie parallèle intégré au bâtiment pour collecter, filtrer et réutiliser les eaux grises du bâtiment (douches, lavabo et machine à laver) pour des usages ne requérant pas d'eau potable.

Exemples

- Système de récupération de l'eau grise centralisé pour la chasse d'eau des toilettes.
- Système de récupération de l'eau grise centralisé pour l'irrigation d'un jardin.

Avantages

- Augmente l'autonomie en eau du bâtiment.
- Économies d'eau potable.

Limites

- Réglementation non favorable.
- Changements importants aux codes de construction.
- Intégration difficile aux bâtiments existants.
- Coût (dédoublage des réseaux électriques).

Références

Écohabitation, 2013. Comment fonctionne un système de récupération des eaux grises? Écohabitation. Available at: <http://www.ecohabitation.com/guide/fiches/fonctionne-systeme-recuperation-eaux-grises>



Figure 3 : Exemple de fiche descriptive des mesures d'adaptation (10/18)

Pour faire le lien entre les différentes propositions d'aménagement de l'adaptation, à différentes échelles, l'équipe de recherche a élaboré un cadre urbain fictif général, une « Girbaville », intégrant chaque partie et permettant un tout cohérent. Ce cadre urbain reprenait les grands traits de la région métropolitaine de Québec et de son évolution : noyaux villageois, périphérie, banlieue plus étalée. Il évoquait Québec sans la reproduire telle qu'elle. Cet idéal-type a servi de point de départ, de point d'ancrage pour les participants à la consultation finale, le 5 juillet 2013.

Au même titre que les plans utilisés lors du forum en 2011, le cadre urbain de Girbaville et ses différents secteurs ont permis d'inscrire la réflexion sur l'adaptation aux changements climatiques dans le contexte local, social, physico-spatial et organisationnel.

L'étape pré-test a été très enthousiasmante. Elle a suscité plusieurs réactions et commentaires, qui ont mené l'équipe de recherche à retravailler le design et la mise en contexte des mesures d'adaptation.²

La familiarité des lieux représentée a également été soulevée comme élément à renforcer. Les participants consultés ont exprimé le besoin de pouvoir se projeter dans des cadres de vie qui ressemblent aux leurs, afin de bien juger du caractère plausible et faisable des mesures d'adaptation proposées. Ce commentaire nous semble particulièrement intéressant à souligner, puisqu'il s'agit d'un élément important de la réussite d'une stratégie de consultation sur les mesures de l'adaptation urbaine : la représentation graphique des mesures d'adaptation gagne à être liée au contexte local réel. Par ailleurs, des précédents, issus de projets urbains développés ailleurs, peuvent servir d'inspiration au début du processus de réflexion sur les mesures d'adaptation. De même, les représentations graphiques n'ont pas à constituer une copie photographique d'un cadre urbain réel. Une telle copie aurait probablement pour effet de biaiser l'analyse des mesures proposées. Néanmoins, une mise en contexte des mesures d'adaptation, en se référant notamment à la forme urbaine prédominante du secteur, est favorable au renforcement de la qualité de l'exercice de consultation, au même titre que peut l'être la considération des conditions climatiques réelles du milieu.

La journée de consultation du début juillet a ensuite été riche en échanges et validations ou invalidations. Les intervenants mobilisés étaient motivés à discuter des enjeux de l'adaptation de la ville aux changements climatiques, sujet importants pour les intervenants socio-communautaires, responsables des liens avec les citoyens, spécialistes de l'histoire urbaine et du patrimoine, gestionnaires de l'environnement, résidents, etc. qu'ils étaient. Un peu plus d'une vingtaine d'individus se sont réunis dans les locaux de l'École d'architecture pour discuter et commenter les propositions illustrées. Après une introduction du contexte de la recherche et une présentation des outils urbains disponibles pour l'adaptation, les participants ont été répartis en trois groupes de discussions. Ils ont été invités à commenter et à évaluer les mesures d'adaptation relatives à trois échelles urbaines différentes. Leur évaluation devait s'appuyer sur des critères de faisabilité et d'acceptabilité sociale. Autrement dit, les participants consultés étaient amenés à juger du caractère réaliste de la mesure d'adaptation dans le contexte réglementaire et institutionnel, d'une part, dans le contexte social et culturel de Québec, d'autre part. « L'implantation d'un espace d'eau en bordure de l'église vous semble-t-elle justifiée et possible, eu égard au cadre réglementaire en vigueur ? » « Pensez-vous que les résidents de votre voisinage seraient prêts à voir aménagés des stationnements sur pavés alvéolés ? » Voilà quelques exemples

² La navigation en ligne, qui pouvait se faire de gauche à droite et de haut en bas à travers le logiciel, a notamment été soulignée comme étant dérangeante et nuisible à la bonne compréhension des images. L'équipe a fait en sorte que la navigation ne puisse se faire que de haut en bas, comme c'est habituellement le cas dans l'Internet et sur un ordinateur personnel, pour rendre plus aisée l'expérience des participants suivants.

de questions qui pouvaient être posées pour lancer la discussion. Afin de structurer la réflexion, les participants devaient associer leur appréciation de la mesure à une couleur : rouge, jaune ou vert, où le rouge correspond à une mesure difficilement applicable au contexte, le jaune à une mesure souhaitable, mais pas forcément faisable dans le contexte actuel et le vert à une mesure faisable et souhaitable dès maintenant.

Ce code de couleur et les commentaires étaient intégrés en direct au logiciel de « crowdsourcing » par les membres de l'équipe de recherche. Cette intégration devait permettre une première analyse, en temps quasi réel, des propos de l'ensemble des participants. Elle devait également servir de base à une consultation ultérieure (à mener à l'automne 2013 par l'équipe du Girba³).

À la fin de la journée de travail, les commentaires étaient nombreux et très variés. Ces commentaires viennent mettre en lumière le fait qu'il est souvent plus aisé, notamment pour les professionnels urbains, d'évaluer une mesure comme étant souhaitable, mais peut-être pas tout à fait faisable dans le contexte social et réglementaire actuel (mesure jaune). Près de la moitié (47%) des commentaires d'appréciation étaient de couleur jaune. La plupart des commentaires portaient sur l'échelle du voisinage et sur les mesures relatives à l'aménagement des espaces publics, les parcs, les marchés. Les propositions jugées les plus faciles à appliquer (vertes) à l'échelle de la rue concernaient le verdissement des espaces. Pour les répondants, le remplacement des surfaces minéralisées par un couvert végétal avait le triple intérêt de rafraîchir, de perméabiliser les surfaces et de renforcer la qualité esthétique des lieux. Le verdissement apparaît en fait comme une mesure d'adaptation que la population et les décideurs endossent facilement et souhaitent voir appliquée de façon générale, sur des terrains publics, mais aussi sur les terrains des particuliers. À l'échelle de la maison ou du bâtiment, les personnes consultées ont jugées peu réalistes les mesures d'adaptation proposées qui concernaient la protection des installations électriques par enfouissement des fils ou déplacement des installations. Ces mesures étaient jugées coûteuses et pas forcément nécessaires. L'argument des coûts s'est avéré, en fait, souvent déterminant dans les propos et les échanges de la consultation : des mesures sortant un peu des habitudes interventions, des façons de faire connues, sont spontanément jugées coûteuses, parce que les participants croient qu'elles requièrent plus d'étapes, plus de démarche ou plus de soin.

Dans le prolongement de la réflexion, il sera sans doute intéressant de documenter quelques-unes de ces pratiques considérées comme moins habituelles et de préciser les démarches et coûts qu'elles peuvent requérir. Une nouvelle récolte d'information pourra permettre de confirmer ou nuancer l'impression des participants à la consultation de juillet. Une mesure d'adaptation encore peu appliquée au Québec et à Québec implique-t-elle forcément plus de coûts et plus de travail ? La prise en compte d'un effort cognitif et organisationnel supplémentaire explique certainement aussi ces appréciations mitigées des mesures les moins conventionnelles.

³ Cette étape de consultation déborde le cadre du projet de recherche-action faisant l'objet du rapport, mais s'inscrit dans sa suite.

Liste des ouvrages cités

- Aslin, H.J.A. et K.L. Blackstock (2010) « 'Now I'm Not an Expert in Anything' : Challenges in Undertaking Transdisciplinary Inquiries across the Social and Biophysical Sciences », in Brown, V.A, Harris, J.A. and J.Y. Russell. *Tackling Wicked Problems through the Transdisciplinary Imagination*, Earthscan, p.117-129.
- Bicknell, J., Dodman, D. et D. Satterthwaite (eds.) (2009). *Adapting Cities to Climate Change: Understanding and Addressing the Development Challenges*, Earthscan Publications, London, 2009, 424 p.
- Blanco, H., M. Alberti, A. Forsyth, K. J Krizek, D. A Rodríguez, E. Talen, et C. Ellis (2009). « Hot, congested, crowded and diverse: Emerging research agendas in planning », *Progress in Planning*, vol. 71, no 4, p.153–205.
- Bourque, F. (2013) «Ma maison n'est pas intelligente. Et moi pas beaucoup plus. » *Le Soleil*, http://www.lapresse.ca/le-soleil/opinions/chroniqueurs/201301/24/01-4614416-la-maison-intelligente.php?utm_categorieinterne=traficdrivers&utm_contenuinterne=cyberpresse_B22_chroniqueurs_255095_section_POS1
- Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) (2013). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étéage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*, Québec, 51 p.
- Chakhar S. et Saad I. (2012). "Dominance-based rough set approach for groups in multicriteria classification problems", *Decision Support System Journal*, vol. 54, no 1, p.372-380. doi:10.1016/j.dss.2012.05.050
- D'Ercole, R. et P. Metzger (2009). « La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud, document 447, mis en ligne le 31 mars 2009.
- De Perthuis, C., S. Hallegatte, F. Le Cocq (2010). *Économie de l'adaptation au changement climatique*, Conseil économique pour le développement durable, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, 89 pages.
- Desjarlais, C., M. Allard, D. Bélanger, A. Blondot, A. Bouffard, A. Bourque, D. Chaumont, et al. (2010). *Ouranos. Savoir s'adapter aux changements climatiques*, Montréal, Ouranos, Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques [en ligne] <http://www.ouranos.ca/fr/publications/ouvrages-generaux.php>
- Després, C., Fortin, A., Vachon, G. (2012). Requalifying Aging Suburbs to Counter Urban Sprawl: The Contribution of GIRBa to Cultural Sustainability, dans Lawrence, R. (Éd.), *Requalifying the Built Environment: Challenges and Responses*. Hogrefe Publishing.
- Després, C., Vachon, G. et Fortin, A. (2011). The quest for sustainable suburbs: Blurring boundaries between architecture, planning and social sciences *Higher Education in the World* 4.

Higher Education's Commitment to sustainability: From Understanding to Action, Global University Network for Innovation.

Dubet, F. (2007). *L'expérience sociologique*, Paris, Repères.

Ekstrom, J. A., S. C. Moser & M. Torn (2011). *Barriers to Climate Change Adaptation: A Diagnostic Framework*. California Energy Commission. Publication Number: CEC-500-2011-004.

Hague, C. (2009). «Planning in the Commonwealth», *The Town Planning Review*, vol. 80, no. 2, p.i-vi.

Hurlimann, A.C. (2009). «Responding to environmental challenges: an initial assessment of higher education curricula needs by Australian planning professionals», *Environmental Education Research*, vol. 15, no. 6, pp.643-659.

Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C.S., Walker, B., Bengtsson, J., Berkes, F., Colding, J., Danell, K., Falkenmark, M., Gordon, L., Kaspersen, R., Kautsky, N., Kinzig, A., Levin, S., Mäler, K.-G., Möberg, F., Ohlsson, L., Olsson, P., Ostrom, E., Reid, W., Rockström, J., Savenije, H., Svedin, U. (2002). *Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations*. Environmental Advisory Council to the Swedish Government, Stockholm, Sweden.

Füssel, H.-M. (2007). «Vulnerability: A Generally Applicable Conceptual Framework for Climate Change Research », *Global Environmental Change*, vol. 17, p.155–167.

Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat - GIEC (2001). *Bilan 2001 des changements climatiques. Rapport de synthèse*, GIEC, Genève, Suisse.

Greco, S., Matarazzo, B., Slowinski, R. (2001). Rough sets theory for multicriteria decision analysis. *European Journal of Operational Research*, vol. 129, no 1, p.1-47. doi:10.1016/S0377-2217(00)00167-3

Joerin F., Rondier P., 2008, « Le Socioscope, des géoindicateurs pour aider au diagnostic », *Revue Internationale de Géomatique*, Vol. 18/4, pp.493-506.

Joerin, F., Desthieux, G., Nembrini, A. et S. Billeau Beuze (2009). « Participatory Diagnosis in Urban Planning: Proposal for a Learning Process Based on Geographical Information » *Journal of Environmental Management*, vol. 90, no 6, p.2002-2011, doi : 10.1016/j.jenvman.2007.08.024

Klein R. J. T., Schipper E. L. and Dessai S. (2003). *Integrating Mitigation and Adaptation into Climate and Development Policy: Three Research Questions*, Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, Working paper 40.

Leiserowitz, A. A. (2005). « American Risk Perceptions: Is Climate Change Dangerous? », *Risk Analysis*, Volume 25, Issue 6, pages 1433–1442.

Lemmen, D., Warren, F., Lacroix, J. et E. Bush (2008). *From impacts to adaptation: Canada in a changing climate 2007*. Gouvernement du Canada, Ottawa.

Lorenzoni, I. et M. Hulme (2009). «Believing is seeing: laypeople's views of future socio-economic and climate change in England and in Italy», *Public Understanding of Science*, vol. 18, p.383-400.

Lowe, T. (2006). *Is this climate porn? How does climate change communication affect our perceptions and behaviour?*, Tyndall Centre Working Paper 98, en ligne: [<http://www.tyndall.ac.uk/sites/default/files/wp98.pdf>], consulté le 20 octobre 2010.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) (2008). *Plan d'action 2006-2012 – Le Québec et les changements climatiques : un défi pour l'avenir*. Québec, 52 p., en ligne : http://www.mddep.gouv.qc.ca/changements/plan_action/2006-2012_fr.pdf.

Morgan D L. (1998). *The Focus Group Guidebook*, Sage Publications.

Mouffe, C. (1999). «Deliberative Democracy or Agonistic Pluralism?», *Social Research*, vol. 66, pp.745-58.

Mousseau V, Slowinski R (1998). "Inferring an ELECTRE TRI model from assignment examples", *Journal of Global Optimization*, vol. 12, no 2, p.157-174. doi:10.1023/A:1008210427517

Sen, A. (2010). *L'idée de justice*, Paris, Flammarion.

Williams, K., J. Joynt et D. Hopkins (2010). « Adapting to climate change in the compact city: the suburban challenge », *Built Environment*, vol. 36, no 1, p.105-115.

Wilson, E. (2006). «Adapting to Climate Change at the Local Level: the Spatial Planning Response», *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, 1469-6711, Vol. 11, no 6, pp. 609 – 625.

Boischatel

Fiche descriptive Boischatel

Service de transport en commun :

- Infibus
- Tanibus

Loisirs/tourisme :

- Point touristique remarquable
- Sport/culture

Service de santé/urgence :

- Clinique
- Protection incendie

Enseignement :

- primaire

Centre de la petite enfance :

- Résidence pour personnes âgées

Sources : RTC, 2010 - Centre Gauthier (Université Laval), 2009 - Statistique Canada, 2003 (données actualisées)

POPULATION

Repartition des âges

Âge	Population
0-14	1000
15-24	1000
25-34	1000
35-44	1000
45-54	1000
55-64	1000
65-74	1000
75-84	1000
85+	1000

Population en 2006 : 5287
Densité : 252,5 hab/km²
en 2001 : 4303
→ densité : 222,7
Âge médian : 36,7 ans

NIVEAU DE FORMATION (15 ans et +)

Plus haute certification

Niveau	Population
Scs inférieures	1000
Scs moyennes	1000
Scs supérieures	1000
Scs supérieures	1000

MÉNAGES

- Couples avec enfant(s) : 35 %
- Couples sans enfant : 35 %
- Une seule personne : 15 %
- Autres genres de ménage : 10 %
- Taille moyenne des ménages : 2,7

REVENUS (annuel net médian en 2005)

- Global : 42085\$
- Couple avec enfant(s) : 75944\$
- Couple sans enfant : 63210\$
- Personne seule : 32320\$
- Autre : 50576\$

CITOYENNETÉ

- Canadiens : 99,5 %
- Non canadiens : 0,5 %

HABITAT (privé)

Types des logements privés

Type	Population
Logements construits avant 1986	1000
Logements construits entre 1986 et 2006	1000
Logements construits après 2006	1000

Logements possédés : 91 %
Logements loués : 9 %
Nombre moyen de pièces/logement : 6,8
% de logement ayant plus d'une personne par pièce : 0,5 %

Chapitre 2 : Planifier l'adaptation de la ville aux changements climatiques en s'appuyant sur les connaissances et la participation des acteurs locaux : une expérimentation de gouvernance climatique à Québec

Geneviève Cloutier¹, Florent Joerin^{1,3}, Catherine Dubois², Martial Labarthe¹, Christelle Legay¹ et Dominique Viens¹

¹Centre de recherche en aménagement et développement, Université Laval

²École d'architecture, Université Laval

³Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (heig-vd)

Article soumis, en anglais, à la revue Climate Policy, en décembre 2013, accepté en février 2014

Dans ce chapitre

- L'ancrage d'une démarche d'adaptation dans le territoire local permet de faire des liens entre les pratiques courantes, les connaissances « ordinaires » et les tendances climatiques appréhendées. Plutôt que de prendre les projections climatiques comme points de départ pour réfléchir à l'adaptation du milieu urbain, il est judicieux d'aborder sur un même plan les particularités sociales, spatiales, économiques, politiques et climatiques du cadre urbain. Cette façon de faire évite d'isoler la variable « climatique » des autres variables à prendre en compte dans l'aménagement.
- Cet ancrage de la démarche d'adaptation dans le territoire local permet également de faciliter les liens entre des intervenants aux profils diversifiés et aux méthodes distinctes. En plaçant le territoire au centre de l'attention, les responsables de la démarche de planification de l'adaptation valorisent les différentes définitions du contexte qui sont portées par l'urbaniste, le responsable des travaux publics, le responsable des infrastructures, etc. Chacun parle du territoire plutôt que de son cadre d'intervention et de ses attentes particulières.
- Les approches participatives d'adaptation permettent un transfert de connaissances, une co-construction de nouveaux savoirs. Elles sont à même d'initier le débat public autour de questions sociales importantes (quelles vulnérabilités pouvons-nous assumer ? quelles priorités d'intervention ?). Elles favorisent un partage de la responsabilité de faire face aux changements climatiques et de s'y préparer.

Index des tableaux

Tableau 1 : Mesures d'adaptation soumises à l'appréciation des acteurs territoriaux et appréciation obtenue selon la couleur

49

2.1. Introduction

Il est désormais reconnu que le développement durable constitue un levier d'action et de gestion stratégique pour les villes et les métropoles. L'intégration des préoccupations socio-environnementales aux autres enjeux urbains contribue au renforcement de la qualité générale des milieux (Williams et al., 2010; Hamin et Gurran, 2009). Le traitement des changements climatiques, notamment, s'avère un canal par lequel les administrations locales et métropolitaines sont en mesure d'influencer les termes de la gouvernance urbaine et multinationale (Bulkeley, 2010). En effet, alors que les protocoles internationaux donnent peu de résultats (Depledge, 2006), la prise en charge du dossier de l'atténuation et de l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle urbaine propose des rapports coûts-bénéfices intéressants et des résultats assez satisfaisants. Cela peut même se traduire par un accroissement du contrôle des gouvernements locaux sur leurs ressources en général (Hoffmann, 2011). En fait, les administrations locales sont souvent plus enclines que les administrations étatiques à saisir le double potentiel, le rapport gagnant-gagnant, que représente l'intervention d'anticipation pour faire face aux transformations du climat. Les aménagements visant à encourager le transport alternatif à l'auto aident, par exemple, à réduire la production de GES, tout en renforçant le caractère adapté de la mobilité.

Conséquemment, les projets d'adaptation de la ville, l'adaptation étant comprise comme les initiatives et les mesures prises pour réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux effets des changements climatiques réels ou prévus (GIEC, 2001) sont de plus en plus nombreux. Un récent sondage mené par une équipe du MIT auprès de 498 villes membres de l'association internationale ICLEI – Local Governments for Sustainability, indiquait d'ailleurs que 69% de ces gouvernements locaux sont engagés dans une démarche de planification de l'adaptation (Carmin, Nadkarni & Rhie, 2012).

Malgré ce pourcentage élevé témoignant d'une forme ou d'une autre d'implication des gouvernements locaux en faveur de la planification de l'adaptation, peu de démarches se rendent jusqu'à l'étape de la mise en œuvre (Dovers, 2009; Berkhout, Hertin & Gann, 2006; Lackstrom et al., 2012). Cela peut être attribué au caractère encore récent de cette préoccupation. Aussi, la recherche et les outils produits par les chercheurs sont encore peu opérationnalisés pour aider les praticiens dans leur travail d'analyse des interactions entre les différents impacts du climat et leur travail (de Perthuis et al., 2010; McAndrews et al., 2013; Bierbaum et al., 2013; Dilling et Lemos, 2011; Harries et Penning-Rowsell, 2011). Au plan stratégique, les acteurs des gouvernements locaux, tout comme les représentants des autres niveaux de gouvernement et des organisations non-gouvernementales font face à différentes barrières contraignant leur mobilisation dans le temps long. On peut citer la difficulté de percevoir l'urgence d'anticiper les impacts des changements climatiques, le manque de données, la difficulté de choisir entre différentes options d'aménagement (Moser et Ekstrom, 2010).

Le présent article présente les résultats d'une recherche-action menée dans la région de Québec, Canada, entre 2010 et 2013 et dont l'objectif était d'identifier les caractéristiques d'un cadre participatif de planification de l'adaptation susceptible de dépasser ces barrières. La première

partie revient sur les défis de la planification de l'adaptation de la ville aux changements climatiques et sur l'intérêt des approches participatives pour faire face à ces défis. La seconde partie présente le cadre du projet de recherche et les résultats issus des ateliers de discussion, du forum et des ateliers de design de l'adaptation qu'il a permis de tenir. La dernière partie propose une synthèse de la pertinence des approches d'inférence et de référence comme outils participatifs pour appuyer la planification de l'adaptation des milieux urbains.

L'expérimentation d'adaptation participative menée à Québec contribue au corpus de recherche sur le sujet.

2.2. L'adaptation de la ville aux changements climatiques : opportunité et nouveau défi pour la planification urbaine

Dans les pays en développement comme dans les villes des pays développés, des organisations non gouvernementales, des gouvernements régionaux ou d'autres associations de développement s'inspirent des modes de gouvernance existants et les ajustent pour réaliser des expérimentations de gouvernance climatique (Hoffmann, 2011). Ces acteurs locaux élaborent et échangent, en réseaux de taille et d'origines variables, des solutions nouvelles, motivés qu'ils sont par la volonté d'agir pour faire face au climat, mais aussi poussés par le contexte d'élargissement de la vie démocratique à d'autres cadres que le cadre électoral. Leurs collaborations leur permettent de revoir le design des infrastructures urbaines ou d'élaborer des projets précis et ponctuels de transformation de leur milieu, tels le verdissement de cours d'écoles et l'initiation à l'agriculture urbaine (Bierbaum et al., 2013)

De telles expérimentations amènent à tisser des liens entre les types d'interventions, les préoccupations et les ressources disponibles. Ce faisant, les acteurs de la ville transforment les manières de faire face aux changements climatiques et font évoluer, du même coup, les milieux urbains. En saisissant le contexte d'ouverture du débat public à d'autres formes de paroles, les citoyens et les groupes locaux s'approprient une plus grande partie du processus et de l'objet de la planification. Ils poussent également les professionnels de l'aménagement et du développement urbain à faire évoluer leurs modes de résolution des problèmes (Healey, 2012, Forester, 2012).

Les chercheurs ne sont pas en reste, qui innovent en tentant d'intégrer plusieurs disciplines, plusieurs expériences individuelles, pour saisir les nombreuses facettes de la relation entre le développement, la nature et la ville. Le manque de précédents et de données concernant l'adaptation des villes aux changements climatiques, conduit certaines équipes à travailler à la coproduction de connaissances avec des experts techniques (Landström et al., 2011; Plummer et al., 2012) ou à développer des outils de prospective climatique pour l'aménagement (Robinson et al., 2011).

Une variété de projets d'adaptation sont donc déployés par les organisations locales de même que par les chercheurs, qui n'attendent pas toujours la mise en place de programmes publics pour agir et anticiper les impacts des changements climatiques sur la ville. Cette prise d'initiative en dehors de la programmation publique régulière est particulièrement observable là où les administrations locales évoluent dans des contextes nationaux plutôt récalcitrants à la lutte contre les changements climatiques comme les États-Unis ou le Canada. Certains acteurs municipaux cherchent alors à gérer eux-mêmes, seuls ou avec l'aide de gouvernements provinciaux ou

étatiques, les risques environnementaux dont ils ressentent la pression plus clairement, plus concrètement (Hoffmann, 2011). C'est le cas du Québec et de ses villes, qui peuvent être rangés dans la catégorie pro-active. C'est aussi le cas des villes californiennes, qui sont nombreuses à avoir initié des projets d'inventaire et de réduction des émissions de gaz à effet de serre, par souci de préserver la qualité de l'air et du milieu en général (Bedsworth et Hanak, 2013).

Cependant, l'arrimage entre les documents réalisés du côté scientifique et les programmes d'action publique permettant de préparer les milieux bâti, naturels, sociaux et économiques apparaît encore ardu (Dilling et Lemos, 2011; Harries et Penning-Rowsell, 2011). De plus, la question climatique est encore peu et mal intégrée aux autres dimensions de l'organisation sociale et spatiale urbaine dans la lecture (*framing*) des problèmes et de leurs solutions (Orderud et Winsvold, 2012). Or, cette marginalisation de la question climatique contribue à évacuer la dimension morale et éthique des choix d'adaptation (Adger et al., 2009). En effet, l'adaptation aux changements climatiques est un enjeu façonné par les valeurs de chaque société. Elle invite à poser des questions telles : quel niveau de risque sommes-nous prêts à assumer? Qui considérons-nous comme les individus et les groupes les plus vulnérables? Que souhaite-t-on payer, collectivement? Dans quelles mesures l'adaptation (planifiée ou réactive) sera-t-elle socialement inclusive ? Ces choix sociaux et moraux gagnent en profondeur et en légitimité s'ils sont débattus. De tels débats permettent d'établir des bases solides pour l'orientation du futur d'une communauté. Ils favorisent l'expression des voix divergentes, la prise en compte des attentes et des valeurs moins souvent entendues et défendues (Hillier et Gunder, 2007). Relevons aussi qu'une délibération sur les choix en faveur de milieux adaptés aux changements climatiques permet de mieux saisir les valeurs sur lesquelles on souhaite appuyer le développement urbain dans son ensemble.

Des débats aussi fondamentaux sont exigeants en temps et en énergie. Ils impliquent de considérer la place et le rôle de la participation dans la prise de décision, non pas seulement le mode par lequel elle sera intégrée au processus décisionnel (Collins & Ison, 2009). Ils requièrent également une prise en compte et une ouverture à des points de vue divergents. Or, les administrations locales souhaitant planifier l'adaptation de façon au moins consultative cherchent avant tout à valider, bonifier et légitimer leur diagnostic des enjeux et des mesures d'adaptation les plus pertinents. Ces administrations ne souhaitent que rarement ouvrir le débat sur les questions sensibles comme les risques pouvant être assumés, les groupes à protéger en priorité, sur la distribution des gagnants et des perdants de l'adaptation, etc. (Björnberg & Hansson, 2011). Il y a donc possiblement conflit entre la volonté d'ouvrir la prise de décision à une diversité de points de vue et l'incapacité d'empêcher les conflits et tensions de prendre le dessus sur le thème spécifique de l'adaptation aux changements climatiques (Few, Brown & Tompkins, 2007). Un constat qui s'applique en fait à tous les dossiers de la planification urbaine : les jeux d'acteurs et les rapports de pouvoir en viennent souvent à dominer les processus participatifs (Fainstein, 2000; Mouffe, 1999). Dans ce contexte, il y a lieu de s'interroger sur les façons de concilier, dans les processus participatifs de planification, l'objectif pragmatique de planifier l'adaptation de la ville aux changements climatiques en s'appuyant sur les connaissances et les attentes de la population avec l'objectif normatif d'aborder les choix moraux et les enjeux éthiques de l'adaptation.

Il est désormais reconnu que les processus participatifs, impliquant la population dans la prise de décision, d'une façon ou d'une autre (consultation, concertation, « crowdsourcing », etc.) et à une ou à plusieurs étapes des démarches d'adaptation, renforcent la pertinence et le déploiement des mesures d'adaptation (IPCC, 2001; Lim, Huq & Malone, 2005). Néanmoins, il existe encore peu d'études empiriques sur les façons d'intégrer la participation publique dans les processus de planification de l'adaptation aux changements climatiques. Davantage d'exemples d'applications sont requis pour mettre en perspective l'apport qu'a à offrir la population pour renforcer l'adaptation, d'une part, et les difficultés associées à la tentative d'intégrer une diversité d'attentes et de points de vue sur une question nouvelle et teintée d'incertitude comme l'est l'adaptation, d'autre part. Quelles caractéristiques un cadre de planification participatif devrait-il avoir pour permettre à la population de guider les décideurs dans l'identification et l'élaboration de mesures d'adaptation ? Cette question gagne à être posée plusieurs fois, dans différents contextes, notamment dans les pays industrialisés (Björnberg & Hansson, 2011), afin de faciliter le dépassement des barrières à l'adaptation. La multiplication des études sur les exemples d'expérimentations participatives de l'adaptation de la ville aux changements climatiques et leur éventuelle comparaison devrait contribuer, plus largement, à l'analyse de la dimension spécifiquement urbaine de cet enjeu.

Dans le but de contribuer à fournir de tels exemples et pour nourrir la réflexion sur les principes d'une approche participative d'adaptation, une recherche-action a été menée dans la région métropolitaine de Québec, entre 2010 et 2013. Cette démarche ne cherchait pas à évaluer spécifiquement la contribution quantitative et qualitative de la participation du public (ici essentiellement représenté par des professionnels évoluant au sein de différents secteurs d'activités), mais plutôt de saisir l'articulation entre les différentes formes de savoirs, les différentes formes de pouvoir et les différentes valeurs dans la planification urbaine de l'adaptation. Elle est présentée plus en détails dans la prochaine section.

2.3. Une expérimentation de planification de l'adaptation pour la région métropolitaine de Québec

Le projet de recherche visait à contribuer à l'élaboration d'un cadre méthodologique participatif susceptible d'éclairer les décideurs dans leurs démarches d'adaptation. Il cherchait également à identifier les enjeux locaux d'adaptation aux changements climatiques, en s'appuyant notamment sur la perception et l'expérience d'une variété d'acteurs locaux. Plus spécifiquement, l'attention a été portée, dans un premier temps, sur la perception des risques propres au contexte de la région métropolitaine de Québec relativement aux trois enjeux que sont : le transport, la gestion de l'eau potable et l'exposition du cadre bâti à la chaleur. L'étude s'est ensuite intéressée aux outils disponibles (cartes, inventaires, relevés, etc.) pour planifier l'adaptation autour de ces trois enjeux. L'acceptabilité et la faisabilité de mesures concrètes d'adaptation de la ville ont enfin fait l'objet d'ateliers de design urbain menés avec le concours des acteurs locaux.

2.3.1 Ateliers sectoriels

Douze ateliers sectoriels de discussion ont été organisés pour faire le point sur les connaissances et le niveau de préoccupation des acteurs locaux concernant les changements climatiques. Durant la première série de six ateliers, les acteurs locaux, rassemblés en groupes de six à dix personnes,

ont été invités à discuter de leur définition du problème climatique, de leur perception des enjeux prioritaires à prendre en considération et de leur connaissance des interventions déjà mises en œuvre au sein de leur organisation ou de leur milieu de vie allant dans le sens de l'adaptation. Des urbanistes, des organisateurs communautaires, des représentants d'associations, des représentants du milieu des affaires, des chercheurs et des résidents ont ainsi été mobilisés (chaque groupe indépendamment).

Les résultats montrent que les participants aux six premiers ateliers sectoriels partagent une perception récurrente en ce qui a trait aux impacts des changements climatiques, soit celle que le plus important défi à relever dans la région de Québec concerne la perturbation des registres de précipitation, tant l'hiver que l'été. Québec est une région de latitude tempérée froide (46°48'). Son milieu physique et ses habitants y sont habitués à de fortes amplitudes thermiques (-16,8 °C en moyenne pour janvier et février et 24,2°C en moyenne pour juillet et août) et à d'importantes chutes de neige l'hiver (Environnement Canada, 2013). Pour la période 2041-2070, il est prévu que le nombre d'événements de chutes de neige diminue annuellement, que celui des pluies hivernales augmente, mais que la quantité de neige et de pluie augmente, à chaque événement (hausse d'environ 10% de la neige et de 20% de la pluie) (Desjarlais et al., 2010). L'intensité des précipitations est également appelée à s'accroître durant le printemps, l'automne et l'été. Les participants aux groupes de discussion se disent sensibles aux conséquences de la variation dans les registres de précipitations sur la gestion des opérations et des infrastructures urbaines. Selon eux, non seulement les événements de fortes précipitations (neigeuses ou pluvieuses) entraîneront-ils une hausse des frais de gestion et d'opération, mais l'instabilité entourant ces précipitations et l'incertitude concernant leur récurrence apparaissent également lourdes à gérer pour l'organisation.

Le défi de s'adapter à la hausse des températures moyennes s'avère également important, surtout aux yeux des représentants évoluant au sein du système de santé et de services sociaux. Le cadre bâti québécois est adapté aux rigueurs de l'hiver (isolation des bâtiments, systèmes de chauffage, matériaux résistants au froid, etc.), mais il l'est beaucoup moins à la chaleur. Les changements saisonniers de températures projetés à l'horizon 2050 pour cette région prévoient une hausse des températures moyennes variant entre 2,5 °C et 3,8 °C l'hiver et entre 1,9 °C et 3 °C l'été (Desjarlais et al. 2010). Selon les répondants, les étés plus chauds et les hivers plus doux requerront de nouvelles façons de construire, de nouveaux modes d'implantation et d'autres façons de gérer et d'occuper le milieu urbain, pour faire face, notamment aux îlots de chaleur urbains. Les préoccupations des répondants du secteur de la santé et des services sociaux concernent l'état de santé des personnes plus vulnérables, l'hygiène et le confort des personnes en perte d'autonomie.

Pour les professionnels de l'environnement et de l'aménagement du territoire évoluant au sein des municipalités de la région, la diminution du couvert de glace et du couvert neigeux sur le fleuve Saint-Laurent et sur ses affluents est un enjeu majeur, qui contribue à intensifier l'érosion des berges. Il est à traiter en priorité, selon ces participants, alors qu'il ne ressort pas comme une priorité dans les autres ateliers de discussion.

Plus largement, les répondants des différents groupes convergent dans leur identification de la culture disciplinaire ou organisationnelle comme constituant une barrière à l'adaptation. Ce

constat rejoint celui de Moser et Ekstrom (2010), qui pointent la « détection et la perception d'un signal » et le « seuil de préoccupation » dans leur recension des barrières potentielles à la planification de l'adaptation. Les mêmes auteurs soulignent aussi que l'étape de l'identification ou perception du problème est cruciale pour assurer le passage à l'action. Or, l'« urgence » d'agir ne se fait pas sentir de la même manière dans tous les contextes (Lowe et al., 2006; Swim et al., 2009). En fait, il semble que les caractéristiques du contexte socio-culturel et institutionnel soient plus déterminantes que la géo-morphologie locale pour inciter les décideurs à mener à bien une réflexion et une planification autour des enjeux de l'adaptation aux changements climatiques (Zahran et al., 2008; Adger et al., 2005). À cet égard, les gens d'affaires ayant participé aux discussions ont exprimé ne pas se sentir particulièrement concernés par les mesures à prendre pour favoriser l'adaptation des milieux naturels et humains ni outillés pour avoir quelque prise que ce soit sur les changements climatiques et leurs impacts. Ils mentionnent que la culture entrepreneuriale, qui en est une de réaction à un besoin, à court terme, constitue un frein important à l'intégration du dossier de l'adaptation dans les dossiers à traiter. « Ça prend une réelle volonté des entreprises, qui sont des gens d'action et qui sont souvent plutôt en recherche de rentabilité qu'en anticipation des besoins » (*répondant représentant des milieux d'affaires*).

Les représentants du milieu de la recherche et de l'intervention auprès de personnes en réadaptation soulignent, pour leur part, la faible sensibilisation et le manque de formation des décideurs et des planificateurs urbains concernant les besoins des personnes à mobilité réduite, à plus forte raison en contexte de changements climatiques. Du même élan, ils attribuent la résistance de certains décideurs à programmer l'adaptation de leur ville à de fausses idées, notamment celle que le travail sur cet enjeu soit énorme et sans précédent : selon eux, plusieurs précédents existent, concernant l'adaptation à la mobilité universelle notamment, et ces expériences pourraient être assez facilement mobilisées pour planifier l'adaptation aux changements climatiques.

En résumé, les répondants à ces ateliers sectoriels confirment la force des barrières administratives, culturelles et disciplinaires identifiées dans la littérature scientifique. La plupart des acteurs locaux rencontrés considèrent que les changements climatiques constituent une préoccupation. La majorité considère même que ces changements pourraient affecter considérablement leurs activités professionnelles. Ils sont au courant des sensibilités du territoire en général et il leur est aisé de faire des liens entre ces sensibilités et les impacts que pourraient avoir les changements climatiques sur les composantes de la ville. Néanmoins, et paradoxalement, ils ne se sentent pas interpellés dans l'immédiat concernant ce dossier et ne jugent pas posséder les ressources nécessaires pour le gérer. Ce n'est pas une préoccupation spécifique et clairement identifiée : il s'agit plutôt d'un enjeu apparenté à d'autres dossiers réguliers.

2.3.2 Un forum intersectoriel

Les premiers ateliers de discussion organisés de façon sectorielle ont servi de fondements à l'organisation d'un forum intersectoriel d'une journée. Ce forum, qui constituait le point culminant de l'étape du diagnostic territorial, a mobilisé autour de 40 intervenants locaux, dont la plupart avaient été rencontrés lors des ateliers sectoriels (Cloutier & Joerin, 2012). La formule du

forum amenait les participants à réfléchir librement aux impacts potentiels des changements climatiques sur cinq secteurs de la région de Québec.

Pour favoriser l'intégration de la question climatique avec les autres enjeux de la vie urbaine, l'avenue choisie pour ce forum a été celle de la mise en valeur des expériences du climat dans la vie professionnelle et personnelle régulière. Les participants ont été invités à discuter des conséquences que pourrait avoir, par exemple, une importante chute de neige pour la planification stratégique de la ville en se référant à ce qui se passe habituellement, dans leur service ou dans leur quartier, quand une tempête se produit. Ils devaient ensuite extrapoler cette réflexion en intégrant la donnée selon laquelle les tempêtes hivernales seront vraisemblablement moins fréquentes, mais plus intenses qu'elles le sont actuellement (Desjarlais et al., 2010). Comment ces tempêtes affecteront-elles l'organisation publique, le cadre bâti, les services sociaux?

Par l'interaction, les participants en viennent ainsi à tracer la chaîne des conséquences possibles de l'aléa « fortes précipitations de neige » sur le cadre naturel, sur le cadre bâti, sur la gestion des ressources essentielles et sur l'organisation en tant que telle. Selon eux, de fortes chutes de neige, récurrentes au sein d'un même hiver, entraîneront par exemple une utilisation accrue de fondants, susceptible d'augmenter la contamination des eaux de surface et du sol. Cela pourrait affecter le traitement de l'eau et des sols, surtout là où est entassée la neige. Ces traitements étant de surcroît irréguliers, ils devraient entraîner une hausse des coûts de la gestion municipale.

Les discussions concernant les effets des tempêtes sur le milieu ont également traité de la question des impacts des chutes de neige sur la mobilité urbaine. À Québec, les fortes chutes de neige contraignent déjà, durant chaque hiver, les déplacements des individus, tout mode de déplacement confondu. Dans le futur, l'augmentation de l'occurrence et de l'intensité des tempêtes hivernales pourrait interagir avec le vieillissement de la population pour contribuer à renforcer l'isolement des individus, surtout ceux dont la mobilité est déjà réduite en temps normal. L'isolement ayant lui-même d'importantes conséquences sur l'interaction sociale et l'intégrité des personnes (Fougeyrollas et al., 1998), il pourrait avoir des répercussions sur le développement des individus en général. Ce type d'effet psycho-social est encore relativement peu abordé dans la littérature scientifique sur les changements climatiques (Lane et al., 2013) et reste rarement pris en compte par des experts des questions de transport, notamment (McAndrews et al., 2013).

À partir des témoignages des participants sur leur expérience, il a été possible d'élaborer des modèles systémiques représentant les liens entre le climat et le milieu urbain. Ce faisant il devenait plus aisé de repérer les composantes urbaines pouvant être impactées par le climat et les changements climatiques. Ce diagnostic des enjeux climatiques et des préoccupations locales a servi de base pour une seconde phase d'ateliers de discussion sectoriels, visant cette fois l'évaluation des niveaux de risque.

2.3.3 Ateliers d'évaluation multicritère des risques

Cette nouvelle série d'ateliers regroupait des spécialistes du suivi de la gestion de l'eau potable, du transport et du bâtiment. Les spécialistes ont été rencontrés en groupes thématiques, constitués de 4 à 10 personnes, à deux reprises, deux mois séparant à chaque fois les deux rencontres. Les participants ont été invités à évaluer les vulnérabilités et les risques associés à la relation entre les

événements climatiques et la dégradation des infrastructures de transport (premier groupe), la qualité et de la disponibilité de l'eau potable (deuxième groupe) et l'exposition du cadre bâti à la chaleur (troisième groupe). Ils ont également été interrogés sur les données et outils disponibles pour appuyer l'évaluation du niveau de danger potentiel associé à chaque enjeu.

La mobilisation d'experts des transports et de la mobilité, de l'approvisionnement en eau potable et de la conception du cadre bâti s'est avérée un succès, en nombre et en engagement. Cependant, elle n'a pas permis d'apprécier, tel que souhaité, le niveau de danger pour chaque enjeu identifié préalablement. La contribution des experts a plutôt été, dans un premier temps, de souligner que la plupart des données objectives envisagées pour faire cette appréciation n'existent pas ou ne sont pas formalisées. La recension des matériaux de revêtement des structures et des routes selon leur localisation, par exemple, n'a jamais été menée de façon intégrée pour l'ensemble de la région de Québec par les différents niveaux de gouvernements responsables de cet enjeu⁴. De même, les arbres plantés en domaine public sur le territoire de la Ville de Québec ne sont pas inventoriés à l'heure actuelle. La canopée urbaine, contribuant au rafraîchissement des espaces et élément important pour évaluer le degré d'exposition du cadre urbain à la chaleur, ne peut pas servir de critères dans l'évaluation des risques.

Ce constat sur l'absence de données formalisées pour l'ensemble du territoire en amenait un autre, corollaire du premier : lorsqu'il est question de gérer la relation entre climat et ville, les praticiens appliquent un mode de résolution des situations et des problèmes qui est difficile à modéliser sous la forme d'un ensemble de dimensions indépendantes. Les modes de réflexion et les pratiques des acteurs urbains se fondent davantage sur l'expérience, sur les compétences mobilisables et sur leur connaissance du contexte. Par exemple, les participants aux ateliers sur la problématique de l'exposition du cadre bâti à la chaleur, ingénieurs ou architectes de formation, ont été interrogés sur leur appréciation d'un ensemble hétérogène de critères d'évaluation, à savoir les propriétés des matériaux, le refroidissement, la dissipation de la chaleur, l'exposition solaire et la chaleur émise artificiellement. Une telle décomposition de l'enjeu en cinq grands critères (et en 10 sous-critères) devait permettre aux professionnels de les hiérarchiser selon leur importance de façon à identifier les aspects à prendre en compte dans l'adaptation. Or, cette formulation du problème, en dimensions relativement indépendantes les unes des autres, s'est avérée contre-intuitive. Les participants ne sont pas parvenus à isoler chacun des critères pour réfléchir au degré d'exposition du cadre bâti à la chaleur.

Une seconde tentative, fondée sur la référence à des exemples de situation ou à des types de cadres bâtis a été beaucoup plus aisée pour aborder la vraisemblance du lien entre le phénomène d'îlots de chaleur urbain et différentes caractéristiques de la forme urbaine et des bâtiments. En effet, à partir de cette référence au réel, considérée de manière globale et non décomposée, les participants à l'atelier ont été en mesure de s'appuyer sur leur expérience régulière pour appréhender le climat. Ce faisant, ils ont pu développer une réflexion collective concernant les conséquences sociales, économiques, environnementales de la chaleur sur le bâti. Ils se sont saisis de la réflexion sur les pistes d'adaptation pour « gérer » cette chaleur. Finalement, c'est par

⁴ Les gouvernements municipal, provincial et fédéral se partagent la gestion des routes, au Québec comme dans le reste du Canada.

l'interprétation des discussions entre experts qu'il a été possible pour l'équipe de recherche de formaliser, a posteriori, un ensemble de règles fondée sur l'approche DRSA (Greco et al., 2001). L'application de ces règles déduites des réponses des participants a ensuite permis de généraliser sur l'ensemble du territoire, un niveau de danger. Cependant, malgré la nette amélioration du fonctionnement de cette seconde série d'ateliers sectoriels, fondés cette fois sur l'appréciation globale de situations exemplaires, les résultats finalement obtenus se sont finalement avérés moins utiles que prévu pour identifier les contextes urbains prioritaires pour l'adaptation⁵.

Ainsi, il est ressorti de la seconde série d'ateliers que le défi est moins de tenter de « faire entrer » l'enjeu de l'adaptation dans le cadre des approches plus cartésiennes et traditionnelles de résolution de problème que de construire une expertise conjointement avec une gamme variée d'experts (Landström et al., 2011). Il apparaît a posteriori plus fertile et productif de bâtir des ponts entre les expertises et de co-construire les connaissances. D'autant que la connaissance de l'enjeu de l'adaptation aux changements climatiques évolue au fil du processus de planification. Elle évolue également en interaction avec l'espace et le territoire que l'on cherche à adapter.

2.3.4 Ateliers de design urbain

Afin de saisir les intentions et les attentes des habitants et des professionnels de Québec, deux ateliers de design ont été organisés en 2013, regroupant à chaque fois une vingtaine d'intervenants (urbanistes, biologistes, élus, résidents, organisateurs communautaires, etc.) n'ayant pas, à l'exception de trois personnes, pris part aux premiers ateliers de discussion de diagnostic des enjeux. Plus précisément, cette nouvelle série d'ateliers visait à mettre en discussion la faisabilité et l'acceptabilité de mesures d'adaptation développées lors d'un atelier universitaire de design urbain et retravaillées par l'équipe de recherche à la lumière des informations recueillies sur les trois thèmes à l'étude (transport et mobilité, disponibilité et qualité de l'eau potable, exposition du bâti à la chaleur). Les mesures d'adaptation proposées avaient trait aux contextes des noyaux institutionnels urbains, à la rue (résidentielle ou commerciale) et au bâtiment (maison unifamiliale, multilogement ou plex). Les dix-huit mesures d'adaptation élaborées relativement à ces trois échelles d'intervention étaient regroupées sous quatre catégories, selon le type de ressources qu'ils constituaient pour les architectes et professionnels de l'aménagement. Ces quatre types de leviers d'action étaient : 1) la forme urbaine (hauteur des bâtiments, orientation par rapport à la rue, etc.), 2) l'architecture du bâtiment, 3) le couvert naturel et 4) les matériaux de revêtement (couleur, texture, albedo, etc.). Les participants aux ateliers devaient discuter des mesures en groupe, les commenter et les classer en leur attribuant une couleur : s'ils les jugeaient faisables au plan réglementaire et acceptables socialement, ils leur attribuaient la couleur verte; s'ils les jugeaient souhaitables mais difficilement faisables ou acceptables, ils leur attribuaient la couleur jaune; s'ils les jugeaient non souhaitables et non faisables, ils devaient leur attribuer la couleur rouge. Leurs commentaires étaient compilés au fur et à mesure, par l'équipe de recherche, dans un logiciel de crowdsourcing (Crowdbrite ©) afin de réaliser une rétroaction en direct auprès des participants, mais aussi à des fins de recherche. En

⁵ Cette hiérarchisation devait servir à identifier les zones urbaines qui cumulaient les facteurs de risque et où l'adaptation était prioritaire. L'identification des zones urbaines prioritaires s'est plutôt appuyée sur une grille d'analyse des dynamiques urbaines en cours ou anticipées, considérées comme des opportunités d'interventions.

effet, le Girba, le Groupe interdisciplinaire de recherche sur la banlieue de l'Université Laval, qui était en charge de cette phase de design de l'adaptation et de consultation, travaille actuellement à l'analyse de la contribution des approches et des outils de technologie de l'information et de la communication en support à la consultation des acteurs locaux. Ainsi, les participants classaient eux-mêmes les mesures d'adaptation selon leur perception des embûches possibles à leur intégration dans la planification urbaine et à leur mise en œuvre.

Les résultats de ces ateliers participatifs de design indiquent que les mesures sont très majoritairement jugées « souhaitables mais difficilement faisables ou acceptables » par les participants, donc colorées de jaune (voir Tableau 1). Sur les quelques 365 commentaires émis et consignés par les participants eux-mêmes⁶ lors de l'atelier de juillet 2013, 177 étaient associés à la couleur jaune. Les professionnels, qu'ils soient issus du secteur de la santé et des services sociaux, de l'architecture et de l'urbanisme ou encore de l'administration municipale, sont restés réservés quant au caractère possible et faisable d'une proposition, comme s'ils craignaient de se commettre en considérant spontanément possibles et intéressantes les mesures d'adaptation transformant le cadre urbain.

Tableau 1 : Mesures d'adaptation soumises à l'appréciation des acteurs territoriaux et appréciation obtenue selon la couleur

Mesure d'adaptation	Levier d'action	Couleurs attribuées par les participants (jaune = J; vert = V; rouge = R)
Naturalisation des berges	Forme de la ville	1 jaune; 1 vert; 1 rouge
Réseaux verts	Forme de la ville	2 jaunes; 1 vert; 1 rouge
Grands parcs	Forme de la ville	Aucun commentaire
Fontaines et jeux d'eau	Forme de la ville	7 jaunes; 1 vert; 3 rouges
Planification urbaine préventive (zones inondables, mixité des usages, etc.)	Forme de la ville	39 jaunes; 22 verts; 23 rouges
Mobilier urbain résistant	Forme de la ville	6 jaunes; 5 verts; 5 rouges

⁶ Les participants aux ateliers de design étaient invités à émettre leurs commentaires, à les rédiger sur des post-it rouges, jaunes ou verts selon leur appréciation de la mesure au regard de son acceptabilité et de sa faisabilité et à coller le post-it sur les canevas représentant le cadre urbain pour lequel on proposait la mesure d'adaptation. Chaque cadre urbain était archétypal : il ne représentait pas un espace réel, mais correspondait à un cadre typique d'un quartier central, d'une banlieue de première couronne ou de deuxième couronne de la région de Québec.

Déplacements actifs, transport en commun et connectivité	Forme de la ville	29 jaunes; 12 verts; 9 rouges
Sécurisation de l'approvisionnement électrique	Architecture	6 jaunes; 2 verts; 9 rouges
Conception architecturale préventive (construction sur pilotis, etc.)	Architecture	19 jaunes; 6 verts; 15 rouges
Systèmes de collecte et de filtration des eaux grises	Architecture	1 jaune; 0 vert; 1 rouge
Dispositifs d'ombrage architecturaux	Architecture	2 jaunes; 0 vert; 2 rouges
Murs et toitures végétalisés	Architecture	7 jaunes; 6 verts; 1 rouge
Ventilation naturelle	Architecture	1 jaune; 1 vert; 1 rouge
Agriculture urbaine	Couvert végétal	6 jaunes; 4 verts; 1 rouge
Végétalisation	Couvert végétal	14 jaunes; 15 verts; 6 rouges
Récupération et filtration de l'eau de pluie	Couvert végétal	15 jaunes; 7 verts; 8 rouges
Revêtements réfléchissants	Matériaux	5 jaunes; 6 verts; 1 rouge
Revêtements perméables	Matériaux	17 jaunes; 5 verts; 3 rouges
Total		177 jaunes; 94 verts; 90 rouges

Néanmoins, certaines mesures ont obtenu un aval important d'une majorité de participants. Les mesures de végétalisation, notamment, proposant la plantation d'arbres ou de végétaux sur le domaine public ou sur les résidences obtiennent l'attention et l'approbation. On peut penser que ces mesures correspondent à des aménagements relativement simples et sans controverse : elles sont déjà intégrées dans les pratiques courantes de l'administration urbaine et ne participent pas à une modification importante des modes de vie. Cela dit, quelques fortes réserves sont également exprimées par rapport à la végétalisation, qui soulignent le choix stratégique des types d'espèces plantées et leur orientation de façon à assurer qu'elles favorisent effectivement les gains énergétiques et l'occultation solaire, notamment, sans pour autant contraindre la gestion municipale – celle du déneigement essentiellement – ni la visibilité des commerces.

Les mesures de planification urbaine préventive, comme la réglementation favorable à la densification et l'aménagement d'espaces de socialisation et d'espaces verts, sont également associées à la couleur verte par la majorité des répondants. Ces derniers soulignent la plus-value de mesures relativement simples, comme l'établissement de réserves foncières par l'administration locale de façon à préserver des espaces verts, à mettre en valeur les cours d'eau, etc. Toutefois, certains participants mentionnent que la planification ne peut être totalement préventive que si elle est conçue de façon intégrée et transversale. « Il doit y avoir une vision qui va donner du sens à toutes ces mesures » (répondant #3). Ces répondants mettent en garde contre des mesures préventives qui, par manque de cohérence avec les autres mesures d'adaptation, pourraient devenir des failles du plan d'adaptation. Par exemple, la réglementation empêchant la construction en zones inondables est jugée pertinente par les répondants, mais elle doit s'appliquer à tous les demandeurs uniformément et gagne à s'arrimer aux efforts de développement dans d'autres secteurs de la ville, de façon à offrir un cadre répondant aux intérêts fonciers et hédonistes des ménages.

Ainsi, les ateliers de design de l'adaptation permettent, d'une part, aux acteurs de la ville d'avoir une idée concrète même si non définitive des mesures d'adaptation potentielles, de leur effet dans le cadre urbain et d'envisager leurs conséquences et implications sociales, économiques, environnementales, etc. Ces ateliers offrent, d'autre part, aux décideurs ou, comme ici, aux chercheurs, d'anticiper les résistances et de mieux comprendre ce qui est susceptible de provoquer des tensions et des conflits lors de l'étape du choix des options d'aménagement et de leur validation. Ils aident à saisir les perceptions qui peuvent faire barrière (Sanyal, 2005).

2.4. La planification de l'adaptation à travers une approche participative

Il ressort de l'expérimentation de recherche participative menée pour la région métropolitaine de Québec que l'adaptation aux changements climatiques constitue un *wicked problem*, un problème complexe, qui gagne à être abordé simplement, à travers la valorisation des ressources disponibles. Plus précisément, le recours à l'inférence des connaissances existantes à un cadre plus large et à la référence à ce qui est déjà arrivé ailleurs ou précédemment semble ouvrir des pistes intéressantes pour la planification de l'adaptation de la ville. En effet, les embûches ayant trait à la disponibilité des données, au cadrage du problème lui-même ainsi qu'au choix des mesures d'adaptation à appliquer (Moser et Ekstrom, 2010) peuvent selon nous être dépassées grâce à la mise en commun, à travers des processus participatifs, de connaissances et d'expériences du cadre urbain, de ses composantes, des événements qui l'ont marqué et des leçons tirées des réactions antérieures.

Les acteurs interpellés dans le processus participatif pour Québec portent une connaissance partielle : ils ne connaissent pas tout le territoire, mais ils connaissent bien une partie de ce territoire ; ils ne sont pas spécialistes de tous les services municipaux, mais ils connaissent bien l'un ou quelques-uns de ces services ; ils ne maîtrisent pas l'ensemble des projections climatiques, mais connaissent assez bien les réactions régulières aux événements météorologiques. L'approche mise en œuvre à Québec acceptait la partialité de cette connaissance et proposait d'en déduire les effets possibles pour l'ensemble du secteur, du territoire ou des

événements liés à un aléa. Les ateliers de discussion sectoriels ont permis de voir que des modes de réflexion et des modes d'intervention allant dans le sens d'une forme d'adaptation, qu'elle ait trait spécifiquement aux changements climatiques ou non, existent souvent déjà au sein de différents champs disciplinaires ou d'intervention. L'inférence de ces modes sectoriels de résolution de problème à d'autres secteurs d'activité se présente comme une piste intéressante pour initier et maintenir le travail de planification sans se buter au problème de l'accès et de la disponibilité des données (Moser et Ekstrom, 2010).

Le recours à la référence, à des précédents historiques d'événements climatiques, à d'autres contextes urbains, à des projections de design dans des contextes archétypaux mais similaires au contexte de Québec, notamment, a quant à lui permis d'assurer la mobilisation des acteurs en leur faisant voir que l'adaptation aux changements climatiques les concerne, même si leur cadre de latitude froide tempérée est relativement dépourvu d'importante vulnérabilité. Pour des raisons d'intelligibilité, les participants au forum, par exemple, appuyaient leurs propos sur des expériences concrètes, sur des précédents. Ils argumentaient en se référant à leurs connaissances des embuches qu'une proposition X pourrait rencontrer et aux solutions Z qu'il serait pertinent de développer (Sanyal, 2005; Few, Brown & Tompkins, 2007). Par exemple, les surfaces et les revêtement non asphaltés sont plus intéressants que le béton ou l'asphalte pour réduire la chaleur des milieux résidentiels, mais ces types de revêtement ne sont pas admis partout par les administrations municipales en raison de la modification des pratiques de gestion hivernales qu'elles impliquent, pas plus qu'elles ne sont appréciées par les usagers.

L'adaptation contribue à renforcer la qualité de vie plus largement et il n'est pas nécessaire d'être climatologue pour pouvoir contribuer à la réflexion sur ce qui est attendu et sur ce qui est faisable en termes de mesures d'adaptation pour un cadre urbain. En référant à des mesures d'adaptation applicables au contexte, les participants au processus participatif de planification s'approprient l'enjeu et témoignent de ses caractéristiques proprement urbaines.

À cet égard, alors que d'une manière générale le défi des changements climatiques est encore essentiellement abordé par le climat lui-même, l'expérimentation développée à Québec plaçait le cadre territorial plutôt que les tendances climatiques attendues au centre de la réflexion. Plus précisément, à chacune des étapes de la démarche, les ateliers de discussion, le forum et les ateliers de design ont servi à appréhender les caractéristiques sociales, physico-spatiales, économiques, organisationnelles du territoire d'étude. Cette articulation des caractéristiques territoriales réelles, aux modes d'intervention réguliers et aux tendances climatiques appréhendées a permis, d'une part, d'identifier les préoccupations territoriales et, d'autre part, de relever les pratiques courantes, auxquelles il serait possible et pertinent d'intégrer les outils d'adaptation. En faisant porter les échanges sur les caractéristiques de l'espace réel urbain, la démarche a suscité la mise en forme et la mise en valeur de connaissances diffuses, généralement associées à des habitudes, à des expériences, à des acquis, non formalisés. En outre, l'aménagement adapté de la ville a servi d'objet commun et de point d'arrimage entre les

intervenants mobilisés à toutes les étapes significatives du projet⁷ de même qu'entre les intervenants mobilisés et les membres de l'équipe de recherche.

Cette expérience démontre selon nous que les approches participatives de prise de décision et le transfert de connaissances, la co-construction de nouveaux savoirs et le débat public qu'elles initient sont des éléments névralgiques dans le passage de la rhétorique à l'action, notamment en ce qui a trait à l'adaptation aux changements climatiques de la ville. Pas seulement parce qu'ils permettent de mieux comprendre les processus techniques et scientifiques de la modification du climat, mais aussi, peut-être même surtout, parce qu'ils favorisent le partage de la responsabilité de faire face à cette modification et de s'y préparer (Armitage et al., 2008; Plummer et al., 2012; Bulkeley et Betsill, 2003). Certes, l'intensité de la participation varie selon le contexte (Fung, 2006). Aussi, l'influence de cette participation sur la planification reste à la fois dépendante des ressources politiques, sociales et économiques qui lui sont attribuées et conditionnelle à la capacité du processus de tenir compte des résultats des échanges (Bherer, 2010 ; Fainstein, 2000 ; Mouffe, 1999). Néanmoins, la circulation d'idées et de connaissances à travers des dispositifs de participation et de collaboration, notamment, offre une façon de dépasser les barrières à l'action que sont les intérêts particuliers et sectoriels et leur fonctionnement en silo. Elle permet également d'ouvrir le cadre de réflexion et le cadre institutionnel à d'autres formes de savoirs. Ces dernières, moins formalisées et s'appuyant sur l'expérience, sont pertinentes pour renseigner un phénomène en mouvement et en constante évolution comme l'est la relation entre le climat et la ville.

D'une manière générale, l'enjeu de l'adaptation sert d'objet témoin pour constater que le contexte contemporain appelle un renouvellement des approches et des pratiques de planification. En effet, le traitement de l'adaptation, comme celui, plus général, des enjeux socio-environnementaux (biodiversité, pauvreté, sécurité alimentaire, etc.), implique une révision des façons de faire, des modes traditionnels de résolution de problème et d'intervention. L'évolution constante du climat, la pluralité des angles par lesquels on peut l'aborder (économique, écologique, social, sanitaire, etc.) et la variété de ses impacts sur les milieux requiert une approche dynamique, en mouvement, qui évolue avec le problème. Les approches d'adaptation participatives portent un potentiel supplémentaire en comparaison aux approches dites traditionnelles, « top-down », s'appuyant sur la rationalité de l'équipe de concepteurs-spécialistes.

Enfin, l'expérimentation menée à Québec peut aussi mener à se questionner sur les efforts très importants menés par les gouvernements pour quantifier et rationaliser le risque généré par les changements climatiques afin « d'optimiser » les décisions quant aux mesures d'adaptation. En effet, même si elles ne suffisent en soit pour porter des conclusions générales, nos propres tentatives dans cette direction (3.4.) ont montré d'une part que les ressources nécessaires pour mener à bien cette quantification sont extrêmement importantes et que d'autre part, cette

⁷ Soit lors des groupes de discussion et du forum menant au diagnostic participatif de la première année, lors des ateliers d'évaluation multicritère et d'inférence sur les questions de transport et de mobilité, d'approvisionnement en eau potable, d'exposition du cadre bâti à la chaleur de la seconde année, et lors des ateliers de design urbain et des ateliers de travail sur les mesures d'adaptation urbaines de la troisième et dernière année du projet.

quantification semble être perçue comme non nécessaire voire même entravant (en raison des délais que cela impose) par les acteurs locaux. Ainsi, face à des risques déjà présents et en cours d'aggravation, assumer le risque d'une décision non optimale, mais tout de même efficace tout au moins techniquement et socialement, peut sembler légitime.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier les acteurs territoriaux qui ont participé aux exercices de consultation ainsi que les étudiants et professionnels qui ont aidé à la réalisation de l'étude. Les coûts relatifs aux travaux ont été assumés par Ouranos grâce au Fonds vert dans le cadre de la mise en œuvre du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec. Les travaux ont également été réalisés en collaboration avec Ressources naturelles Canada.

Liste des ouvrages cités

Adger, W.N., Arnell, N.W. and Tompkins, E.L. (2005). « Successful adaptation to climate change across scales », *Global Environmental Change*, 15, 77-86.

Adger W. N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D. R. Nelson, L. O. Naess, J. Wolf, A. Wreford (2009). « Are there social limits to adaptation to climate change? », *Climatic Change*, vol. 93, p.335-354.

Armitage, D., Marschke, M. et R. Plummer (2008). « Adaptive co-management and the paradox of learning », *Global Environmental Change*, vol. 18, no 1, p.86-98.

Bacqué, M.-H., M. Gauthier (2011). « Participation, urbanisme et études urbaines », *Participations*, vol. 1, no 1, p. 36-66.

Balint, P.J., R. E. Stewart, A. Desai, L. C. Walters (2011). *Wicked Environmental Problems: Managing Uncertainty and Conflict*, Island Press, ressource électronique : ISBN: 978-1-61091-047-7.

Bedsworth, L. W., E. Hanak, (2013). « Climate policy at the local level: Insights from California », *Global Environmental Change*, vol. 23, no 3, p.664-677.

Bertrand, F. et L. Rocher (2011). « L'intégration du changement climatique dans l'action publique locale, facteur de renouvellement du développement urbain durable ? », in V. Béal, M. Gauthier, G. Pinson (dir.), *Le développement durable changera-t-il la ville? Le regard des sciences sociales*, coll. Dynamiques Métropolitaines, Presses Universitaires de Saint-Etienne, 464 pages.

Bherer, L. (2010). « Successful and unsuccessful participatory arrangements: Why is there a participatory movement at the local level? » *Journal of urban Affairs*, vol. 32, no 3, p.287-303.

Bierbaum, R. & Joel B. Smith & Arthur Lee & Maria Blair & Lynne Carter & F. Stuart Chapin III & Paul Fleming & Susan Ruffo & Missy Stults & Shannon McNeeley & Emily Wasley & Laura Verduzco (2013). « A comprehensive review of climate adaptation in the United States:

more than before, but less than needed », *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Volume 18, Issue 3, pp 361-406.

Björnberg K E, Hansson SO (2011). « Five areas of value judgement in local adaptation to climate change », *Local Government Studies*, vol.37, 6, p.671-687.

Brown, V., Harris, J.A. et J.Y Russell (dir.) (2010). *Tackling Wicked Problems through the Transdisciplinary Imagination*, Earthscan, London.

Bulkeley, H. (2010). « Cities and the Governing of Climate Change », *Annual Review of Environment and Ressources*, vol. 35, p.229-253.

Bulkeley, H., M. Betsill (2003). *Cities and Climate Change : urban sustainability and global environmental governance*, London : Routledge.

Carmin J, Nadkarni N, Rhie C (2012) *Progress and challenges in urban climate adaptation planning: results of a global survey*. MIT, Cambridge.

Cloutier, G. & F. Joerin (2012). « Tackling Climate Change Adaptation at the Local Level Through Community Participation », chapter 3, in William G. Holt (ed.) *Urban Areas and Global Climate Change (Research in Urban Sociology, Volume 12)*, Emerald Group Publishing Limited, p.51-73. doi: [10.1108/S1047-0042\(2012\)0000012006](https://doi.org/10.1108/S1047-0042(2012)0000012006)

Collins K, Ison R. 2009. « Social Learning as a New Policy Paradigm for Climate Change Adaptation », *Environmental Policy and Governance*, vol. 19, p.358-373.

De Perthuis, C., S. Hallegatte, F. Le Cocq (2010). *Économie de l'adaptation au changement climatique*, Conseil économique pour le développement durable, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, 89 pages.

Depledge, J. (2006) « The Opposite of Learning: Ossification in the Climate Change Regime », *Global Environmental Politics*, Volume 6, Number 1, pp. 1-22.

Dessai, S., Hulme, M., 2004, 'Does climate adaptation policy need probabilities ?', *Climate Policy*, 4, 107-128.

Dilling, L. and Lemos, M.C., (2011). « Creating usable science: Opportunities and constraints for climate knowledge use and their implications for science policy », *Global Environmental Change*, vol. 21, no 2, p.680-689.

Environnement Canada, 2013. *Normales et moyennes climatiques au Canada 1971-2000*. Service météorologique du Canada. http://climate.weatheroffice.gc.ca/climate_normals/index_f.html. Consulté le 11 décembre 2013.

Fainstein, S. (2000). « New Directions in Planning Theory », *Urban Affairs Review*, vol. 35, no 4, p.451-478

Few, R., Brown, K. and E. L. Tompkins (2007). « Public participation and climate change adaptation: avoiding the illusion of inclusion », *Climate Policy*, 7:1, 46-59.

Forester, J. (2012). « Learning to Improve Practice: Lessons from Practice Stories and Practitioners' Own Discourse Analyses (or Why Only the Loons Show Up) », *Planning Theory & Practice*, vol. 13, no 1, p. 11-26.

Fougeyrollas, P., Cloutier, R., Bergeron, H., Côté, J. et G. St Michel (1998). *Classification québécoise Processus de production du handicap*, Québec, Réseau international sur le Processus de production du handicap (RIPPH)/SCCIDIH, 166p.

Fung, A. (2006). « Varieties of Participation in Complex Governance. » *Public Administration Review*: 66-75.

Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC). 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report. Cambridge University: Cambridge.
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/vol4/english/index.htm>

Greco, S., Matarazzo, B., Słowiński, R.(2001). « Rough sets theory for multi-criteria decision analysis », *European Journal of Operational Research*, 129, 1, p.1–47

Hamin, E., N. Gurran (2009). « Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the U.S. and Australia », *Habitat International*, vol. 33, no 3, p.238-245.

Healey, P. (2012). « The universal and the contingent: Some reflections on the transnational flow of planning ideas and practices », *Planning Theory*, vol. 11, p.188-207.

Hoffman, M.J. (2011). *Climate Governance at the Crossroads : Experimenting with a Global Response*, New York, Oxford University Press, 256 pages.

Krause, R.M. (2011). “Symbolic or substantive policy? Measuring the extent of local commitment to climate protection”, *Environment and Planning C: Government and Policy*, 29, 46-62.

Lackstrom, K., Dow, K., Haywood, B., Brennan, A., Kettle, N., & Brosius, A. (2012). *Engaging climate-sensitive sectors in the Carolinas*. Technical report CISA-2012-03. Carolinas Integrated Sciences and Assessments, Columbia, p 180.

Landström, C., S. J. Whatmore, S. N. Lane, N. A. Odoni, N. Ward, S. Bradley (2011). « Coproducing flood risk knowledge: redistributing expertise in critical 'participatory modelling' », *Environment and Planning A*, vol. 43, p. 1617-1633.

Lane, K., K. Charles-Guzman, K. Wheeler, Z. Abid, N. Graber et T. Matte (2013). « Health Effects of Coastal Storms and Flooding in Urban Areas: A Review and Vulnerability Assessment », *Journal of Environmental and Public Health*, Vol. 2013, 13 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/913064>

Lim, B., Huq, S., Malone, E (eds). 2005. *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change : Developing Strategies, Policies and Measures*. Cambridge University Press : Cambridge.

Lowe, T., Brown, K., Dessai, S. Doria, M., K. Haynes et K. Vincent (2006). « Does tomorrow ever come? Disaster narrative and public perceptions of climate change », *Public Understanding of Science*, vol. 15, p. 435–457.

McAndrews, C., E. Deakin et L. Schipper (2013) “Including climate change considerations in Latin American urban transport practices and policy agendas », *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 56, no 5, p.674-694

Moser, S. C. et J.A. Ekstrom (2010). « A framework to diagnose barriers to climate change adaptation », *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 10, no 51, p.22026-22031.

Mouffe, C. (1999). «Deliberative Democracy or Agonistic Pluralism?» *Social Research*, vol. 66, pp.745-58.

Orderud, G. E. et M. Winsvold (2012). « The role of learning and knowledge in adapting to climate change: a case study of Norwegian municipalities », *International Journal of Environmental Studies*, vol. 69, no 6, p. 946-961.

- O’Riordan T, Jordan A (1999) « Institutions, climate change and cultural theory: towards a common analytical framework ». *Global Environmental Change*, vol. 9, p.81–93
- Plummer, R., B. Crona, D. R. Armitage, P. Olsson, M. Tengö, and O. Yudina (2012). « Adaptive comanagement: a systematic review and analysis », *Ecology and Society*, vol. 17, no 3, p. 11 : <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04952-170311>
- Rittel, H. W., M. Webber (1973). « Dilemmas in a general theory of planning », *Policy Sciences*, vol. 4, p.155–169.
- Robinson, J., S. Burch, S. Talwar, M. O’Shea, M. Walsh (2011). “Envisioning sustainability: Recent progress in the use of participatory backcasting approaches for sustainability research », *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 78, p. 756-768.
- Sanyal, B. (2005). “Planning as Anticipation of Resistance”, *Planning Theory*, vol.4, no 3, pp. 225-245.
- Swim, J., S. Clayton, T. Doherty, R. Gifford, G Howard, J. Reser, P. Stern et E. Weber (2009). *Psychology and Global Climate Change: Addressing a Multi-faceted Phenomenon and Set of Challenges*, rapport de l’Association américaine des psychologues, groupe de travail sur l’interface entre la psychologie et le changement climatiques global, 230 pages, <http://www.apa.org/science/about/publications/climate-change.aspx>
- Williams, K., J. Joynt et D. Hopkins (2010). « Adapting to climate change in the compact city: the suburban challenge », *Built Environment*, vol. 36, no 1, p.105-115.
- Zahran, S., Grover, H., Brody, S.D. and Vedlitz, A. (2008). “Risk, stress and capacity. Explaining metropolitan commitment to climate protection”, *Urban Affairs Review*, vol. 43, no 4, p.447-474.

Chapitre 3 : Adapting cities to climate change: An action-research approach to imagine design solutions, measure their feasibility and acceptability, and inform decision

Le chapitre 2 portait un regard sur l'approche participative générale de la recherche-action. Il jetait un éclairage sur la contribution des acteurs territoriaux pour faire avancer le processus d'adaptation malgré les barrières que peuvent constituer la faible formalisation des données, la mise à l'agenda relative de la question climatique, etc.

Le présent chapitre s'intéresse également à la pertinence d'une approche participative dans le processus de planification de l'adaptation de la ville aux changements climatiques, en se penchant plus particulièrement sur l'appréciation des mesures d'adaptation par les acteurs locaux. Il explore l'intérêt des processus de design participatifs « classiques », en face-à-face lors d'ateliers, et des processus de consultation par Internet, par externalisation du contenu (« crowdsourcing »), pour concevoir des mesures d'adaptation de la ville faisables et socialement acceptées. En ce sens, il propose une méthode qui favorise un passage aisé de la planification à la mise en œuvre.

Dans ce chapitre :

- Les outils de consultation en ligne favorisent la consultation d'un plus grand nombre d'individus et de certains groupes souvent moins faciles à mobiliser dans des processus de consultation traditionnels (professionnels ayant des emplois du temps atypiques; individus non affiliés; personnes à mobilité réduite; etc.). Les outils de consultation en ligne ne remplacent pas les formes traditionnelles de consultation et de concertation, mais ils en complètent l'intérêt, en développant de nouveaux canaux de réflexion, d'échange et de mobilisation.
- Le design participatif aide à identifier les pistes d'adaptation du cadre urbain les plus susceptibles d'intéresser les décideurs et d'être approuvées par les résidents. Il favorise la mobilisation d'une diversité d'intervenants autour des questions d'adaptation aux changements climatiques, en proposant des pistes d'intervention concrètes, applicables à différentes échelles (maison, rue, voisinage, ville). La possibilité d'envisager les interventions d'adaptation, à travers des représentations visuelles des mesures d'adaptation dans le milieu urbain, facilite la compréhension de ces mesures par les acteurs locaux.
- Les mesures d'adaptation présentant des bénéfices multiples ont généralement reçues le plus grand nombre de commentaires approuvatifs et encourageants de la part des participants aux ateliers. Ce fut le cas des propositions d'aménagement de places publiques, de fontaines, de parcs et d'espaces dédiés à l'agriculture urbaine. Les participants aux ateliers considéraient que ces initiatives contribuaient à créer des espaces de fraîcheur tout en renforçant la sociabilité et la qualité du cadre urbain.

- Les coûts de certaines mesures (remplacement des surfaces asphaltées par des surfaces poreuses, enfouissement des systèmes électriques, etc.) ainsi que les codes de bâtiment ou les codes régissant les pratiques de déneigement, par exemple, sont apparus comme des barrières importantes à l'application de ces mesures, pourtant jugées intéressantes par les participants. L'appréciation des participants contribue, à cet égard, à identifier les éléments à mieux documenter et les changements de pratique à anticiper lors de l'élaboration des mesures d'adaptation et de leur inscription au plan d'adaptation.

Index des figures

Figure 1 : Main housing forms and types in suburban Quebec (Després, Vachon et al, forthcoming)	166
Figure 2 : Project's phases (GIRBa, 2013)	168
Figure 3 : GIRBa's transdisciplinary and ICT-supported approach currently being developed (Després & Vachon, 2013).....	170
Figure 4 : The collaborative design and consultation process (GIRBa, 2013)	173
Figure 5 : Urban proposals designed during a graduate urban design studio with an interdisciplinary committee of experts, Fall 2012 (GIRBa, 2013)	175
Figure 6 : Transformation scenario for a typical street submitted to online pre-test consultation in April 2013 (GIRBa, 2013)	177
Figure 7 : Example of a scenario assessed by non-experts using a crowdsourcing platform (GIRBa, 2013)	179
Figure 8 : Part of GirbaVille with periods of morphological transformation (GIRBa, 2013).....	181
Figure 9 : Example of scenario submitted to validation during July 2013 workshop, with GirbaVille key map (GIRBa, 2013)	182
Figure 10 : Example of adaptation measure fact sheet (GIRBa, 2013).	183
Figure 11 : Validation workshop of adaptation scenarios involving 22 experts, July 2013 (GIRBa, 2013)	184
Figure 12 : Proportion of comments formulated by experts during the evaluation (GIRBa, 2013).....	185

Adapting cities to climate change: An action-research approach to imagine design solutions, measure their feasibility and acceptability, and inform decision

Geneviève Vachon¹, Marie-Noël Chouinard¹, Geneviève Cloutier², Catherine Dubois³ and Carole Després¹

¹ Interdisciplinary Research Group on Suburbs (GIRBa), School of Architecture, Université Laval, Québec, Canada

² Centre de Recherche en Aménagement et Développement (CRAD), Université Laval, Québec, Canada

³ Groupe de Recherche sur les Ambiances Physiques (GRAP), Université Laval, Québec, Canada

Article publié : Vachon, G. et al. (2013). « An Interdisciplinary and Intersectoral Action-research Method : Case-Study of Climate Change Adaptation by Cities Using Participatory Web 2.0 Urban Design », Enquiry, vol 10, no 1, p.14-28.

Abstract

This paper discusses the last segment of a three-year interdisciplinary and intersectoral action research on climate change and urban transformation that had, as one of its core missions, to imagine urban and architectural adaptations for urban neighborhoods that would contribute to minimizing the negative impacts of climate change on people's comfort, health and safety. The first part of the paper describes the collaborative design and augmented participation method used in the context of Quebec City, Canada, that is, the design process conducted to imagine adaptation scenarios, the visual strategies undertaken to make these understandable for the population, as well as the Web 2.0 crowdsourcing approach put forward to measure their feasibility and social acceptability. The second part discusses three positive outcomes of the process. First, collaborative design conducted with intersectoral groups of experts constitutes a promising avenue to identify adaptations and evaluate their relevance. Second, crowdsourcing is a powerful tool to inform the general public about climate change, its potential and negative impacts on daily life, as well as avenues that they could undertake to minimize it by making changes around their homes and neighborhoods or advocating action from their local government. It is also quite efficient to help understand what people know about the potential impact climate change bears on their comfort, health and safety. Third and finally, the design proposals and the evaluation comments generated by working closely with various stakeholders, along with the public on-line consultation, allow for the induction of pragmatic recommendations that can be used as decision aids by elected officials and civil servants to better prepare their municipalities for climate change.

Keywords: adaptation, climate change, crowdsourcing, urban design, social acceptability, collaboration, Web 2.0, participatory planning, architecture, transdisciplinarity

3.1 Introduction

Cities are becoming key actors in tackling climate change. They are said to have the potential to become models of efficiency in that field, by engaging themselves in innovative practices to respond to the climate crisis (Bulkeley, 2010). The overall goal of public policies was, until

recently, to determine ways to mitigate or attenuate climate change by reducing greenhouse gas emission, with little effort being put in adapting environments to prepare for climate change (Klein, Schipper & Dessai, 2005; Perthuis, 2010). There is now a general agreement that climate will continue to change even if we attain the established greenhouse gas reduction targets (IPCC, 2007), with an upsurge in interest for adaptation planning. Because adaptation measures are relatively less costly to finance than mitigation measures – monitoring of sensitive infrastructures and greening at a micro scale, for example – and because they have the potential to improve people’s quality of life, local governments, especially, are willing to deploy strategies in that field (Adger & Vincent, 2005; Williams, Joynt & Hopkins, 2010). With this in mind, local governments face similar unanswered questions and challenges. Which urban strategies to put forward in order to adapt to something you don’t actually see, perceive or has yet to happen? Which adaptations to favor, on the basis of which data? How to prioritize with so many dimensions to consider simultaneously such as seasonal climate, vulnerability of residents, diversity of urban forms, limited public financing, etc. (Tompkins et al., 2010)? What is more urgent? To construct dikes in order to prevent future floods from damaging houses or provide natural systems for storm water control? Matters of ethics and values are raised, and administrations lack planning strategies and practical tools on which to base their decisions and choice for action in order to reduce the negative impacts of climate change on their municipalities.

This paper discusses the last segment of a three-year interdisciplinary and intersectoral action research project on climate change and urban transformation in Quebec City, Canada⁸. The aim was to foster collective learning and decision-making regarding such an evolving problem (Boholm & Löfstedt, 2004; Brown, Harris & Russel, 2010), and help local administrations in their quest for adapting their territory to climate change (Hallegatte, 2009). One of its core missions was to imagine urban and architectural adaptations for urban neighborhoods that would contribute to minimizing the negative impacts of climate change on people’s comfort, health and safety. The research strategy is built on the concerted contribution of stakeholders from both public and private spheres living or working in the Quebec metro area, and whose complementary expertise, knowledge and representations were likely to provide an accurate understanding of local urban challenges.

3.2 Quebec City in context

Founded in 1608, Quebec City is the capital of the French-speaking province of the same name in Canada. It is one of the fastest aging cities in Canada; fertility and immigration rates will not be sufficient to ensure the replacement of older generations. The demographic forecasts indicate a

⁸ Undertaken in 2010, the project is entitled “*Changements climatiques et transformation urbaine: un projet de recherche-action pour renforcer la résilience de la Communauté Métropolitaine de Québec*”. It is financed and realized in partnership with Ouranos, a consortium on climate change (www.ouranos.ca), as well as Québec government’s Fonds vert (www.mddefp.gouv.qc.ca/ministere/fonds-vert/) and Natural Resources Canada.

population increase of about 1,1% by 2031 (down from 3,4% in 2011) (ISQ 2009). In spite of new households forming in the next ten years, a likely subsequent stagnation could make Quebec a “shrinking city” after 2030.

Although most tourists only know of Quebec City’s picturesque historical center, the sprawled nature of its metropolitan territory offers quite a different portrait with just over 750 000 people spread on 3350 km², for a low average density of 225 inhabitants per km². This territory has expanded over four main periods: 1) the densification of the older « faubourgs » (1870 to 1910); 2) medium-density working class streetcar suburbs of triple-deckers distributed on an orthogonal street grid (1910 to 1940); 3) low-density post-war suburbs of bungalows and walk-ups clustered into mono-functional areas of impermeable street patterns (1950 to 1975); and 4) post-1980 exurbs of varied types and urban forms (Després, Vachon, Fortin, Gauthier & Larochelle, forthcoming). Suburban developments are continuing to sprawl, with housing, commercial activities and jobs moving away from the city center to the countryside. With owning a single-family detached house in a low-density development remaining the dominant housing aspiration of most Quebecers, young families and retired people, developers are urging the expansion of the urbanization boundaries and the deregulation of protected agricultural land, forests and lakeshores. Consequently, the residential areas are dispersed within an over-developed yet aging road network with large homogeneous commercial areas and parking lots, as well as green spaces disconnected from neighborhoods. All of these exacerbate the negative effects of urban heat islands, flash inundations or persistent smog on populations, as extreme climatic episodes become more frequent.

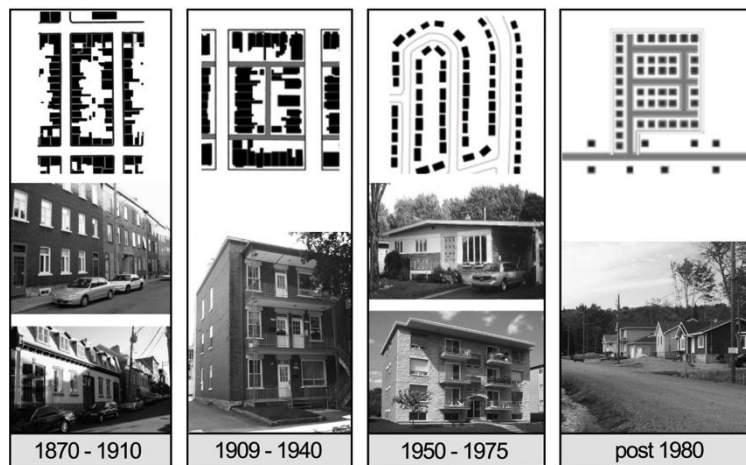


Figure 1 : Main housing forms and types in suburban Quebec (Després, Vachon et al, forthcoming)

Despite harsh winters that vary in duration and intensity, no major climate vulnerability is yet identified for the Quebec metro area, with its relatively warm summers (19 °C on average in July according to Environment Canada). However, it is estimated that by the year 2050, the Quebec City metropolitan area will undergo a variety of climate changes, primarily increases in mean precipitation, in mean temperatures and extreme climate-related events. In fact, temperatures in

the southern parts of the province are expected to increase between 2.5°C and 3.8°C, especially in winter. Also, the increase in precipitation will be more significant in the winter (from 8.6% to 18.1%) than in the summer (from 3% to 12.1%) by 2050 (Desjarlais et al., 2010). This being said, the climatic region of the southern part of the Quebec province could experience a decrease in snow cover which, if effective, would negatively affect the water supply, for one thing. The region could also be subjected to temperatures fluctuating less during the winter and more during the summer. A major consequence would be an increase in the number of very hot days in the summertime. The region is also expected to experience a greater number of heat waves, but also more snowstorms and heavy rainfall (Desjarlais et al., 2010). In this regard, the frequency, intensity and duration of extreme climate-related events should increase.

As a fairly typical North American urban context with regard to land use and planning, demographic outlook, and expected exposure to the risks of climate change, the Quebec metro area represents an interesting case study for imagining fairly replicable architectural and urban adaptation scenarios, and testing their feasibility and social acceptability, the focus of this research.

3.3 The action-research project in context⁹

The action research's main objective was to study and find ways to increase urban resilience with regards to cities and their stakeholders' capacity to adapt to climate change. In co-developing knowledge on the effects of climate change on cities with designers and various stakeholders, the study contributes to the identification of possible and acceptable urban adaptations. The overall project started in 2010 and comprised three phases (fig.2). The first phase (year 1) aimed at identifying the specific aspects of the territory that are likely to be affected by climate change, and at mobilizing local stakeholders. This "diagnostic" phase involved a large number of stakeholders as urban experts (social service providers, water technical consultants, regional planners, interest groups, etc.)¹⁰. The second phase (year 2) aimed at comparing urban areas in terms of their exposition to risks such as accessibility to transportation and drinking water, urban heat islands, etc., in order to map urban risks at the metropolitan scale. The third phase (year 3)

⁹ The project is orchestrated by F Joerin, head of the G2C Institute at the *Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud*, Switzerland, with G Cloutier, post-doctoral candidate at Université Laval's Graduate School of Planning and Development (ESAD). Other members of the interdisciplinary research team from Université Laval comprise: C Després (architecture), A Potvin (architecture) M Rodriguez (planning), G Vachon (urban design), MH Vandersmissen (geography). The team also comprises doctoral candidates C Dubois (architecture) and C Leguay (planning), research professional M Labarthe (geography), masters' candidate MN Chouinard (architecture) and many other graduate students.

¹⁰ For more on the diagnostic phase, see Chapter 1 and 2 of the final report, as well as Cloutier and Joerin (2012).

aimed at designing and testing adaptation scenarios for strategic urban locations through an iterative process of collaborative design and augmented collaboration. This last phase of the project, conducted from August 2012 to September 2013, is the focus of this paper.

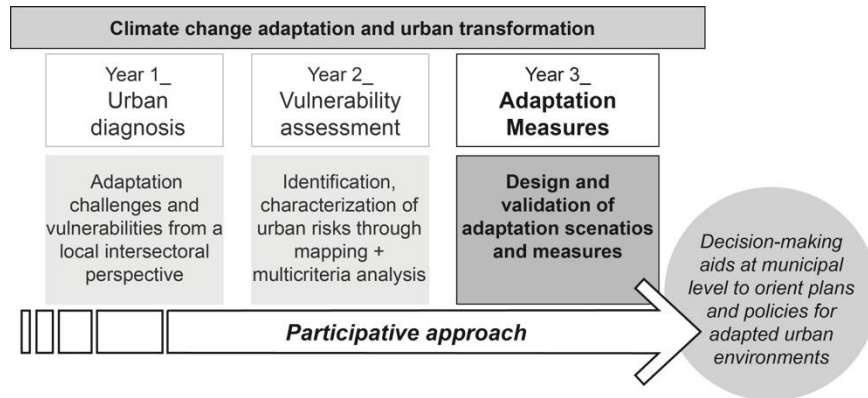


Figure 2 : Project's phases¹¹ (GIRBa, 2013)

3.4 Augmented Participation: Web 2.0, Social Media and Crowdsourcing

Towards an ICT-supported strategy. This action research was conducted by the Interdisciplinary Research Group on Suburbs (GIRBa¹²) based at the School of Architecture at Laval University, Quebec City. The Group is composed of ten professors trained in anthropology, architecture, geomatics, planning, rural engineering and sociology, and annually welcomes about 15 graduate students conducting research and 30 designers through associated architectural and urban design advanced studios. GIRBa's work is characterized by a transdisciplinary research and action program aiming to identify solutions for retrofitting existing and ageing suburbs as a sustainable alternative to urban sprawl. It is formally organized around three types of research: empirical or scientific research, architectural and urban design, and collaborative planning and design. For over 15 years, GIRBa has orchestrated several action research and collaborative design processes involving a large number of stakeholders with various interests, expertise and knowledge. The objective is always to build consensus around a strategic and sustainable plan for consolidating different types and scales of suburban environments (Després, 2012; Després, Vachon et Fortin, 2011).

The Group is currently devising participatory processes relying on information and communication technology (ICT) as an innovative avenue to reach and engage stakeholders into

¹¹ See also: www.ouranos.ca/media/publication/174_Joerin2011_WebEng.pdf (consulted August 2013).

¹² French acronym for Groupe Interdisciplinaire de Recherche sur les Banlieues.

complex discussions. This “augmented” process mostly relies on the interactive possibilities afforded by the Web 2.0, namely Internet surveys, crowdsourcing and social media¹³. Taking into account that 84,5% of households in the Quebec metro area¹⁴ are connected to Internet in their homes (ISQ, 2012) and that the connection to Internet is becoming more common than fixed telephones lines, GIRBa hypothesizes that ICT-supported participatory processes can be used to effectively mobilize residents of a sprawled territory like Quebec. These processes involve researchers, designers, decision-makers from the private and public sectors, as well as elected officials and citizens, with the conviction that they can not only inform sustainable development strategies, but also make them more sensitive to the needs, aspirations and cultural habitus of the population.

GIRBa’s proposed strategy is divided into five overlapping steps (fig. 3) aiming at: 1) mobilizing local actors by creating a momentum around the research problem in order to raise interest; 2) surveying the population on issues relevant to the research problem with regards to everyday life, values and aspirations; 3) building scenarios through collaborative processes to envision what the future could look like to solve environmental challenges; 4) consulting experts and lay people to validate the sustainability, feasibility and social acceptability of the planning scenarios; and finally, 5) concerting around the most relevant scenarios, as adjusted from the results of consultation.

The augmented participation process developed for the project on urban adaptations to climate change presented in this paper was GIRBa’s first attempt to test this strategy which will be replicated in Spring 2014 with specific considerations for the adaptation of the built environment to support independent aging, active living and social equity (Després & Vachon, 2013). The following section discusses the advantages of augmented participation and presents recent experiments in different contexts.

¹³ The Web 2.0 is a concept introduced fairly recently to speak of a new Internet version centered on the participation and collaboration of users and their “collective intelligence” (O’Reilly, 2005).

¹⁴ In 2012, 78% of adults in the province of Quebec were regular Internet users. Even though this percentage is lower for older age groups, it still represents 56,2% of 55-64 years old, and 23,9% of 65-74 years old (CEFRIQ, 2012).

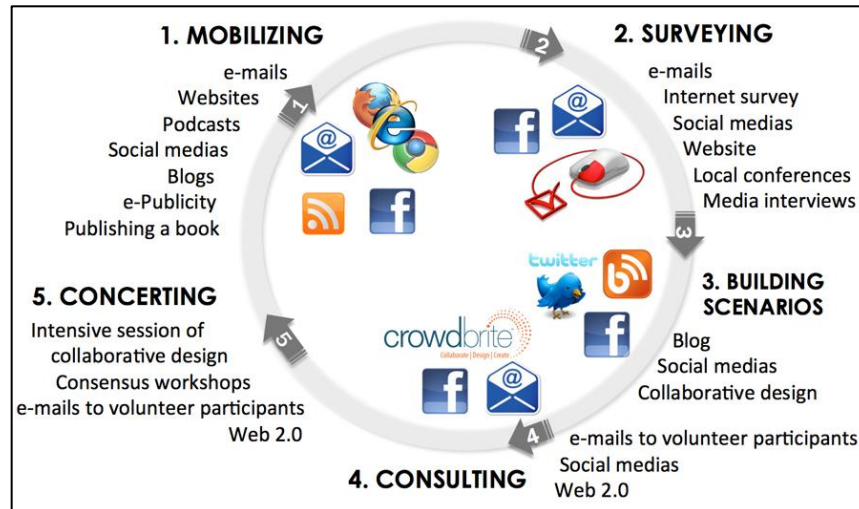


Figure 3: GIRBa's transdisciplinary and ICT-supported approach currently being developed (Després & Vachon, 2013)

Challenges of augmented participation. Participatory processes in planning and urban design traditionally rely on a variety of activities to foster and engage discussion between participants (surveys, focus groups, design charrettes¹⁵, etc.), as well as complementary visualization tools and strategies (maps, plans, drawings, models, etc.) to inform and make proposals understandable for all participants. However, the popularity of digital technologies (smart phones, digital tablets) combined with social media is booming as they are influencing ways in which people access and share information but also comment on society. This has given birth to a communicational setting that has already modified the traditional quality of social engagement and interactions within a community, which is now defined more in terms of networks than physical proximity (Foth, 2006). Researchers now agree that digital technologies have the potential to complement, extend and renew participatory processes in planning and urban design (Brabham, 2012; Bugs et al., 2010; Dodge & Kitchin, 2013; Gordon & Manosevitch, 2010; Proulx, 2009; Steiniger et al, 2012; Stern et al, 2009). It is namely true of Web 2.0 tools and applications that allow participants to take part in the process at anytime and from anywhere, relatively free of pressures (Stern et al., 2009). They also allow for a better representation of local stakeholders (Al-Kodmany, 2000), as well as for local knowledge to emerge from both experts and lay people (Foth, 2006).

In the last ten years, considerable advances have been reported on the use of Web 2.0 to extend consultation processes in urban design and planning. Accordingly, many experiments and ongoing research projects have proved their usefulness, especially in reaching more participants. Based on decentralization principles and simplicity of use, the Web 2.0 is basically a network where information circulates rapidly for maximum interaction. It often implies user-generated content whereby users may contribute individually, as in blogs or social media, or collaboratively,

¹⁵ A charrette is an intensive participatory design activity, usually held during one or two days with groups of stakeholders.

as in wikis. The Web 2.0 is in fact acting as an incubator for numerous popular or grass-root initiatives who use the Internet and social media to mobilize or get feedback from citizens on a variety of issues, such as the use of public spaces, the quality of services, etc., or even to organize manifestations, petitions or other forms of activism by creating online communities and forming new types of social interactions. Such social networks also contribute to feed what De Cindio & Peraboni (2012) call a “collective conscience” towards important causes and have a tangible impact on information transmission and transparency in participatory processes. Climate Co-Lab¹⁶ is an online community using social media and whose goal is said to “harness the collective intelligence of thousands of people from all around the world to address global climate change”. This Web site developed by the MIT Center for Collective Intelligence is described as an “on-line forum where citizens create, analyze and select detailed proposals for what to do about climate change”. YouSayCity¹⁷ is another recently launched 3D online and interactive platform to “share and discuss ideas for [the] city, visualize 3D design proposals, and explore development projects in cities across the world”.

Most of these initiatives, though, essentially support the communication of information and opinions ; they are less about the emergence of new ideas (De Cindio & Peraboni, 2012). This is why researchers claim that Web-based planning processes should not replace face-to-face interaction but rather act as a complement (Baek et al., 2011; Gordon et al., 2011; Gordon & Manosevitch, 2010; Mandarano et al., 2010; Slotterback, 2011; Stern et al., 2009). Indeed, having participants engage into dialogue and compromises on the Web is more easily said than done (Baek et al., 2011, Steininger et al., 2012).

Crowdsourcing is a Web 2.0 participatory approach that is gaining in access and popularity for this purpose. It consists of consulting a group of participants to spur online feedback on a proposal or set of ideas. This feedback is obtained in the form of comments or ideas, as well as from the adhesion to someone else’s idea through voting (Mandarano et al., 2010). It is based on the notion that local expertise can emerge from the masses and become collective intelligence (Dodge & Kitchin, 2013), thereby valuing “non-expert” or “non-mainstream” knowledge (Brabham, 2009). Crowdsourcing is thus useful to inform, mobilize, collect information at a distance, to contextualize issues, and to prompt adhesion through vetting proposed ideas. For instance, in a study using crowdsourcing to present the results of a bus stop design competition, Brabham (2009) explains that submitting a problem to a virtual community prompted and facilitated multiple perspectives and analyses, thus increasing the potential for groups to knowingly benefit from the problem-solving process. Compared to Geographical information

¹⁶ www.climatecolab.org, (consulted on 27 August 2013)

¹⁷ As of August 2013, YouSayCity (www.yousaycity.com) is used by Ville de Montréal for a large online consultation regarding its urban development plan. (*Office de consultation publique de Montréal*, www.ocpm.qc.ca, consulted on 27 August 2013)

systems (GIS) platforms, namely PPGIS¹⁸ prevalent in planning, crowdsourcing is considered a low-cost and accessible Web 2.0 technology (Steineger et al, 2012). In this regard, it is accessible to local governments looking to test proposals or policies during their elaboration with a maximum outreach to their population. Non-expert knowledge collected via a crowdsourcing consultation, by providing insights about places and local practices, can help define the perspective of future users in a most valuable way for both designers and decision-makers. Furthermore, such an interactive on-line consultation can potentially reach participants from different backgrounds that would not otherwise have attended a consultation meeting or participatory design session at a specified location or time.

For all the above reasons, a crowdsourcing platform was selected by GIRBa as a participatory Web 2.0 tool to work on the “wicked” of climate change. It appeared to be flexible enough to consult and concert with experts and non-experts about the feasibility and social acceptability of given urban adaptation scenarios, in combination with more standard participatory tools and activities.

3.5 *An Iterative and Augmented Process of Design and Consultation*

GIRBa’s experience in participatory processes strongly confirms that design research is a legitimate and autonomous way of producing knowledge on a given problem, one that accepts intuition and uncertainty, that recognizes practical reasoning, as well as material and organizational constraints, and that values public debate. The sequence with which knowledge is integrated and translated into the design process is both inductive and iterative, involving several loops during which proposals are constantly adjusted with additional information and evidence brought by users, decision-makers and experts (Després, Vachon & Fortin, 2011). For these reasons, the methodology put forward in this action-research agenda bridges over design and participation to develop socially acceptable evidence-based urban and architectural adaptation strategies. The collaborative strategy illustrated by Figure 4 was put forward based on several other premises. First, the complex and multidimensional nature of the challenges linked to climate change calls for a transdisciplinary and intersectoral process involving experts as well as lay people. Second, if the risks and consequences of climate change are relatively known (at least in some fields), the ways in which to act upon such changes by adapting and transforming the built environment are less tangible. For this reason, it is important to be able to visualize in pragmatic ways how urban adaptations will impact the built environment. Third, the feasibility of eventual urban and architectural adaptations is quite unknown and needs to be assessed by experts. Finally, their acceptability of urban adaptations by the population is even less figured out, the potential impact of climate change being so abstract that citizens may feel either ambivalent or incompetent when faced with proposed solutions. The augmented process thereby combines

¹⁸ Recent developments in PPGIS, or public participatory geographic information systems, are specifically oriented towards the mobilization and participation of populations, offering the possibility not only to comment on but also to bring geo-referenced modifications to a proposal in real time during an ongoing participatory process (Gordon & Manosevitch, 2010).

traditional and Web 2.0 participatory design and evaluation methods to gradually produce local knowledge on viable and acceptable urban adaptations to climate change, using crowdsourcing as a means for designers to evaluate in concert with groups sharing diverse interests and expertise. The final process comprises three main steps with the respective goals of: 1) imagining urban adaptation scenarios in collaboration with experts, 2) adjusting the visual representations of these scenarios and their accompanying textual information to make them understandable to experts and non-experts as well, and 3) assessing the scenarios' feasibility and social acceptability (fig. 4). Each step is detailed individually in the following sections, starting with a founding phase of gathering information and data during the first two years of the overall research project.

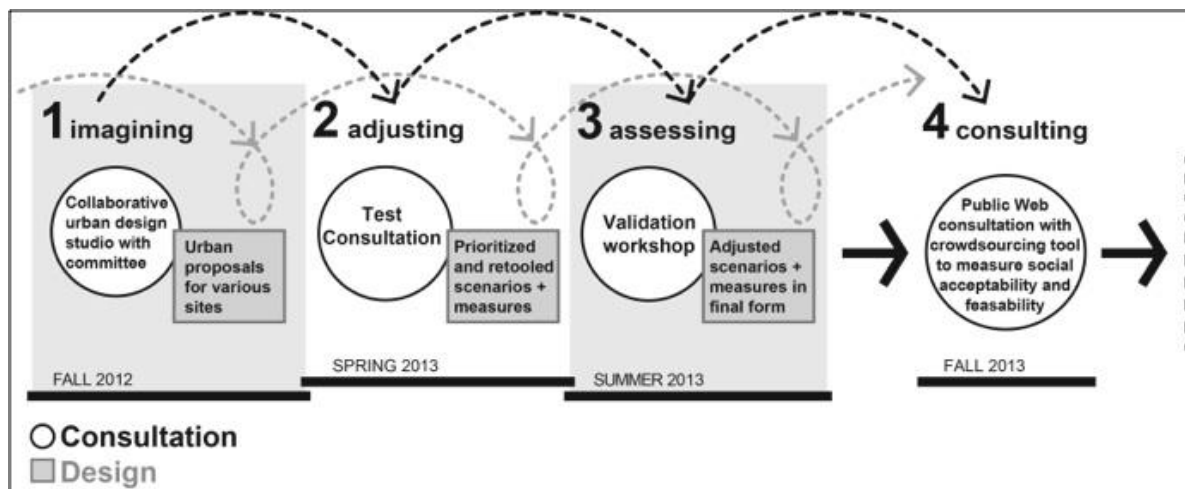


Figure 4 : The collaborative design and consultation process (GIRBa, 2013)

3.6 *Designing and Assessing the Adaptation Scenarios*

Surveying local issues. During the larger research agenda's first two years, a series of discussion workshops aimed to assess the perception and preoccupation of local stakeholders (representatives of community organizations, civil servants, business people, etc.) regarding ways in which Quebec City's urban environments could be affected by climate change. What and where were the main vulnerabilities? Which should the intervention priorities be? During year 2, experts in domains related to transportation, drinking water management and built environments' exposure to heat were asked to link these perceptions and preoccupations to available data. In a nutshell, the main preoccupations regarding these three climate change-related issues were, for water management, the microbiological quality and availability of drinking tap water during severe draughts, freeze-thaw cycles and heavy rainfalls. The issues raised with regards to transportation concerned the deterioration of infrastructures (such as roads and highways) by freeze-thaw cycles and by heavy precipitation. As for the exposure of built environments to heat, participants were mainly preoccupied by the mitigation of urban heat island effects.

Surprisingly, data to precisely assess the perceived risks and pinpoint priority actions were not always available or compatible. For example, no inventory of or collated information pertaining to the surfacing materials used in the construction of streets and roads, according to their location in the city, was ever produced for Quebec City. Also, since records of trees in the city's public domain are not kept, the urban tree canopy could not serve as a criterion for risk assessment of the urban heat island effect. This lack of information did not lead, as was originally intended, to the elaboration of detailed "priority risks" maps. Instead, the knowledge of local stakeholders (community members, organizations, social workers, etc.) and sectoral experts (transportation, water management, built environment) provided a common frame of reference to provide orientations for the adaptation planning and design process. These "lessons learned" from experiences of the forces that shaped urban environments, coupled with a survey of Quebec's larger dynamics of change, formed a pool of reliable knowledge which informed the work conducted in the urban design studio with the mission to initiate transformation proposals.

The frame of reference also provided insight on shared vulnerabilities to climate change that needed to be taken into account in order to reinforce the suitability of adaptation measures. These social, economical and spatial vulnerabilities -- well documented in the literature (Adger, 2006; Birkmann, 2006) -- derived from an additional workshop aiming to explore the "neighbourhood effect" of climate change. Does a higher income "protect" a resident from being affected by severe storms or extreme heat? How does one's social network affect such vulnerabilities? The discussions eventually produced "figures" of vulnerabilities that would be useful further in the participatory process. However, this exploration of the neighbourhood effects of vulnerability in a climate change context remains preliminary and will have to be picked up in subsequent work.

Imagining the scenarios. This first step in realising the adaptation scenarios thus consisted of proposing actual urban and architectural transformations for different sectors of the Quebec metro area. These sectors were selected on the basis of a map locating the most vulnerable areas for climate change, as identified by experts during year 2 of the research project, in combination with the fact that they were either undergoing urban transformations or expected to in the near future¹⁹. The design proposals were developed over one semester by graduate students in the context of two urban design studios²⁰, with the collaboration of interdisciplinary expert committees composed of elected officials, civil servants, planners, architects, developers from the private sector, representatives of NGOs involved in sustainable planning, as well as researchers from the project team. During four one-day workshops, the experts discussed and evaluated the adaptation measures proposed by the students for new and existing residential areas, as they developed over the semester. The interaction between experts and designers, but also among the stakeholders themselves, did not only lead to imaginative evidence-based adaptation scenarios for varied urban

¹⁹ For more information about this phase of the project, see Cloutier and Joerin (2012).

²⁰ In all, 8 teams of 4 students enrolled in the Master of Architecture and/or the Master of Urban Design programs at Laval University were involved during Fall 2012. Most projects can be viewed at www.atelierlabo-designurbain-ulaval.com.

contexts, but also to a considerable amount of knowledge on the potential impacts of climate change at the local level (fig. 5).



Figure 5 : Urban proposals designed during a graduate urban design studio with an interdisciplinary committee of experts, Fall 2012 (GIRBa, 2013)

As for the proposals' relevance to the urban and climatic contexts, it was examined through at least three feedback loops with the groups of experts: two one-day workshops and one hands-on charrette. In every occasion, students, experts and members of the research team discussed and deliberated a large quantity of issues associated with the projects. For instance, they touched on residential densities which were objectively higher than those in neighboring sectors but could be perceived positively by residents granted sufficient green spaces, interesting streetscapes, good walkability, etc. They also covered issues of more compact neighbourhood forms, with less parking lots, relying less on the use of cars and more on access to active modes of transportation, among other things. Again, the inductive and reflexive nature of the design process proceeded by iterative cycles of interpretation, adjustment and validation. In parallel to the workshops and charrette, members of the larger project's research team, along with other invited researchers (in planning and anthropology), also informed the scenarios by providing technical support on climate-related issues. For example, trees have to be mature and form a large canopy in order to really contribute to the cooling of urban spaces. Also, urban agriculture is a simple and inviting way to add green productive areas to neighborhoods while also providing efficient ways to manage runoff water and to mitigate heat island effects. But land ownership issues and vandalism

challenges need to be addressed to ensure such adaptations will also be a sustainable activity. Another example of water management concerned the salinity of the Saint. Lawrence River, which is likely to increase upstream and could greatly affect the distribution of drinking water in the targeted sectors.

By the end of the urban design studios, the next step consisted of sorting out the adaptation measures identified during the semester that offered the most potential and of producing scenarios that could be easily understood by experts and lay people as well. The criteria used to select these propositions were their relevancy to the urban and climatic context of Quebec's metro area, as well as their effective visual qualities to translate the principles. Indeed, the visual representations of the urban propositions to be eventually submitted for consultation needed to communicate or translate information as well as principles efficiently in order to collect valuable feedback, co-develop and evaluate ideas, and aid decision-making (Hayek, 2011). Preparing the visual material for the consultation implied to choose certain features over others to be included in the representations, and to allow for complex principles to be clearly demonstrated and communicated. Participants need to be well informed on understandable scenarios to be able to form and express their opinion with reference to their values and practices (Söderström, 2000). A diversity of representation modes helped attain this objective (Senbel & Church, 2011). Abstract visual representations such as diagrams, plans and birds-eye views were useful to convey complex information about larger urban scales, whereas realistic images are useful to trigger a sense of concern about a given proposal, thereby prompting interiorised or implicit knowledge such as place-based or personal experiences, perceptions, etc. to emerge (Hayek, 2011).

Adjusting the scenarios. The next step consisted of assessing the extent to which the visual and textual content of the scenarios and adaptation measures could be understood by experts and non-experts. For this purpose, the visual material representing the adaptation scenarios and measures produced during the collaborative design studios were adjusted to ensure that they effectively supported discussion about their feasibility and social acceptability and later on pre-tested with citizens and experts, with the exclusive use of a crowdsourcing platform, for the former, and the combination of crowdsourcing and focus groups for the latter. The preparation of the visual material to be used for consultation was done with two goals in mind.

The first goal was to produce visual representations of potential climate change impacts (such as effects of urban heat islands), and of supportive urban adaptations to counter their negative impacts (such as adopting greening measures). This followed a process of selecting, prioritizing and interpreting the more relevant impacts and adaptation principles for transforming vulnerable neighborhoods, streets and housing environments in the Quebec metro area, conducted by members of the research team. With the help of a "before" and "after" image, as well as a street-level view of the resulting urban ambiance, each visual scenario represented a set of impacts and adaptations in a different urban setting submitted to a set of extreme climate conditions (such as sleet storms or heat waves) (Fig. 6). Each adaptation strategy represented in a scenario refers to a fact sheet that explains, with text, photo or schema, its technical aspect and relevance. A second goal was to assure that the visual representations show a high degree of realism in terms of content and context. The images were constructed on the basis of typical and familiar urban

settings found in Quebec using normal framed views. The graphic language was chosen to ease comparisons and facilitate the evaluation of the scenarios with regard to their feasibility and social acceptability. Visual ambiguities were discussed among team members and remedied.



Figure 6: Transformation scenario for a typical street submitted to online pre-test consultation in April 2013 (GIRBa, 2013)

A total of three adaptation scenarios were eventually produced, each representing a different scale of intervention that is, the neighbourhood, the street and the dwelling. For example, an adapted street would include: sidewalks slightly sloped towards planting pits (acting as bioswales) to reduce flooding during rainstorms or heavy rainfalls; trees simultaneously tolerant to de-icing salt, resistant to drought and mature enough to provide shade; architectural shading devices; green or reflecting roof-surfacing materials; resistant street furniture; etc. Thirteen adaptation measures were illustrated and introduced in these scenarios. They were explained by way of fact sheets associated with each scenario. The scenarios were first pre-tested in the context of a graduate seminar research assignment²¹. An objective of this exercise was to have a first assessment of the feasibility and acceptability²² of the proposed adaptation measures in different urban contexts. Another objective was to compare the fertility of crowdsourcing with traditional focus groups for

²¹ The pre-test consultation was conducted by 20 students as part of their research assignment in the graduate *Urban Forms and Cultural Practices* seminar directed by C. Després in April 2013. Two activities were conducted in parallel: individual on-line interviews with citizens (n=18), and a half-day workshop with experts (n=18) divided into three focus groups.

²² Whereas feasibility refers to the technical, practical and economic aspects of the proposed adaptation measures, social acceptability refers to people's representation and perception of these adaptations' impact upon their community, according to different sets of values, backgrounds, etc.

this task. Crowdbrite was selected as the crowdsourcing platform for the consultation. This non open-source tool was developed in San Francisco with the specific goal of catalyzing participation in planning²³, and is mainly used by planners, city officials, public and non-profit organizations, but also research groups.

For each the three scenarios, online and in-person participants were asked to write their opinion about the adaptation scenarios and their associated adaptation measures using post-it notes that they could attach to specific features. The colour selected for the post-it notes conveyed agreement (green), non-agreement (red), or neutrality or ambivalence (yellow) (fig.7). In the traditional workshops, small groups of experts met in face-to-face interaction for a half-day to discuss the scenarios. A different interactive strategy was tried in each group: the first one strictly used digital post-it notes, the second one used strictly paper ones, and a third group used both. In the latter two, assigned secretaries transcribed comments on Crowdbrite digital post-it notes, as the discussion went on. Since each group worked simultaneously in different rooms, all comments appeared online in real time and were visible to the three groups.²⁴ Each participant had a surname on Crowdbrite which offers multiple options to sort and filter comments, thus facilitating a quick validation during the participatory process.

²³ *Crowdbrite* is self-described as “a fun and convenient way to participate in online brainstorming sessions, meetings, and workshops / charrettes”. See <http://www.crowdbrite.com>.

²⁴ While the standard setting proved unsurprisingly conclusive in terms of the quality of interactions, the other settings were less successful in part because it took a while for new *Crowdbrite* users to learn how to use the platform in a short amount of time. It is agreed that participatory Web tools seem to limit the deliberative nature of interaction necessary to consensus building because participants tend to concentrate on the “how to” (Baek *et al.*, 2011).



Figure 7 : Example of a scenario assessed by non-experts using a crowdsourcing platform (GIRBa, 2013)

This pre-test consultation yielded a lot of information regarding the actual adaptation measures, their plausibility, feasibility and acceptability (as will be explored in a further section) (Vachon, Cloutier, Chouinard et al, 2013). They oriented another round of re-design and adjustments, especially with regards to the scenarios' contextualization. In clear, the consulted groups found the scenarios to represent built environments neither fully familiar nor completely recognizable, making it difficult to fully engage in their evaluation. They also felt overwhelmed by the large amount of proposed interventions. Therefore the drawings had to be simplified in order to focus the attention on the adaptation measures. As for content, propositions had to be more realistic, especially with regards to Quebec's low-density residential environments. Also, the look of certain adaptations to dwellings – such as brise-soleil – seemed “foreign” enough as to distract from the principle. Finally, the consulted groups found the scenarios to be disconnected from one another, as well as from the city as a whole. Such comments expressed during the pre-test oriented another round of re-design and adjustments, especially with regards to the scenarios' contextualization.

A total of eight scenarios were finally produced during a final iteration sequence: two at the neighbourhood scale (around a primary school sector and a church sector), three at the street level (a residential, a commercial and a mixed-use street), and two at the scale of a housing lot (a single-family house and a multi-family building). In final, 18 adaptation measures fact sheets were organized according to “levers for action” either on the urban form, on the architecture of

buildings, on the natural cover, or on surface materials.²⁵ The measures were refined by the research team by taking into account Quebec's climatic context (a cool temperate climate with high summer temperatures) and the practicality of their implementation. The 18 measures were ultimately selected based on the fact that they were often examined and discussed throughout the action-research process and well documented in the literature. GIRBa's team also decided to design a "fictitious" city, "GirbaVille", an imaginary and abstracted map of a fairly typical municipality whose forms, densities, uses and architectural types remind those of Quebec City without actually representing its actual territory (fig. 8). This allowed to locate all eight adaptation scenarios on a single map and show how they simultaneously relate to a local environment and the larger urban territory. This points to the irreplaceability of the map during consultative processes whereby participants need to understand the relationship between "pieces" of an urban environment by maintaining a link with the global (Söderström, 2000). The representations also had to be adjusted to facilitate online navigation on the Web-based consultation platform in order to support intuitive and non-linear modes of exploring the proposal's features, and "self-learn" about the underlying principles in one's own time. In this sense, the research team organised the scenarios as vertical Web-like pages. It also aimed for further visual simplification of the information, using logos to refer quickly to climate situations or fact sheets, for instance.²⁶ Figure 9 illustrates the finalized scenario for the school sector and figure 10, an adaptation measure fact sheet.

²⁵ The adaptation measure fact sheets were based on Catherine Dubois' doctoral research (Dubois, Cloutier et al, 2014) and the evolving design work.

²⁶ Crowdbrite pages cannot contain hyperlinks to other sites, however.



Figure 8 : Part of GirbaVille with periods of morphological transformation (GIRBa, 2013)

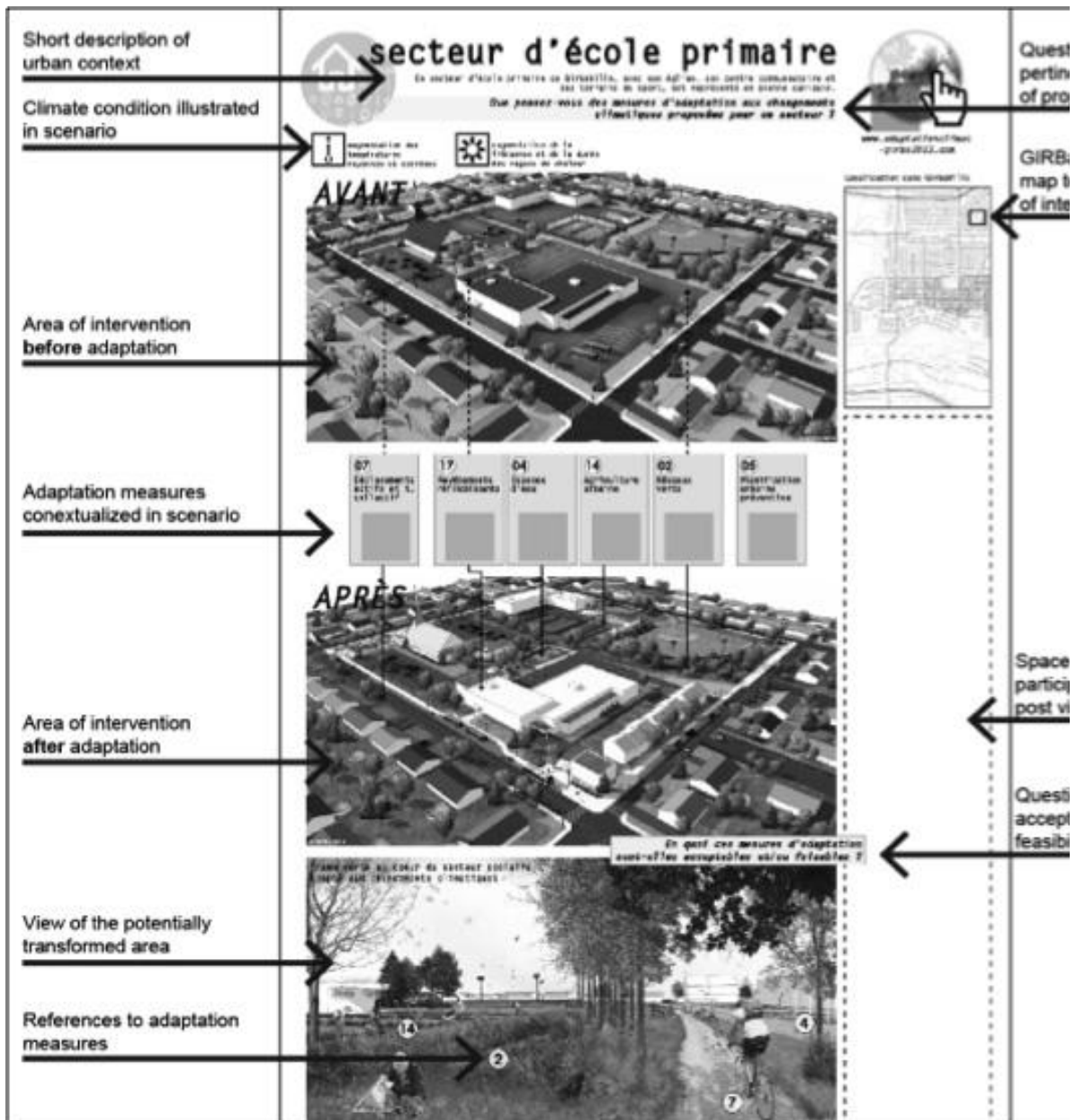


Figure 9 : Example of scenario submitted to validation during July 2013 workshop, with GirbaVille key map (GIRBa, 2013)

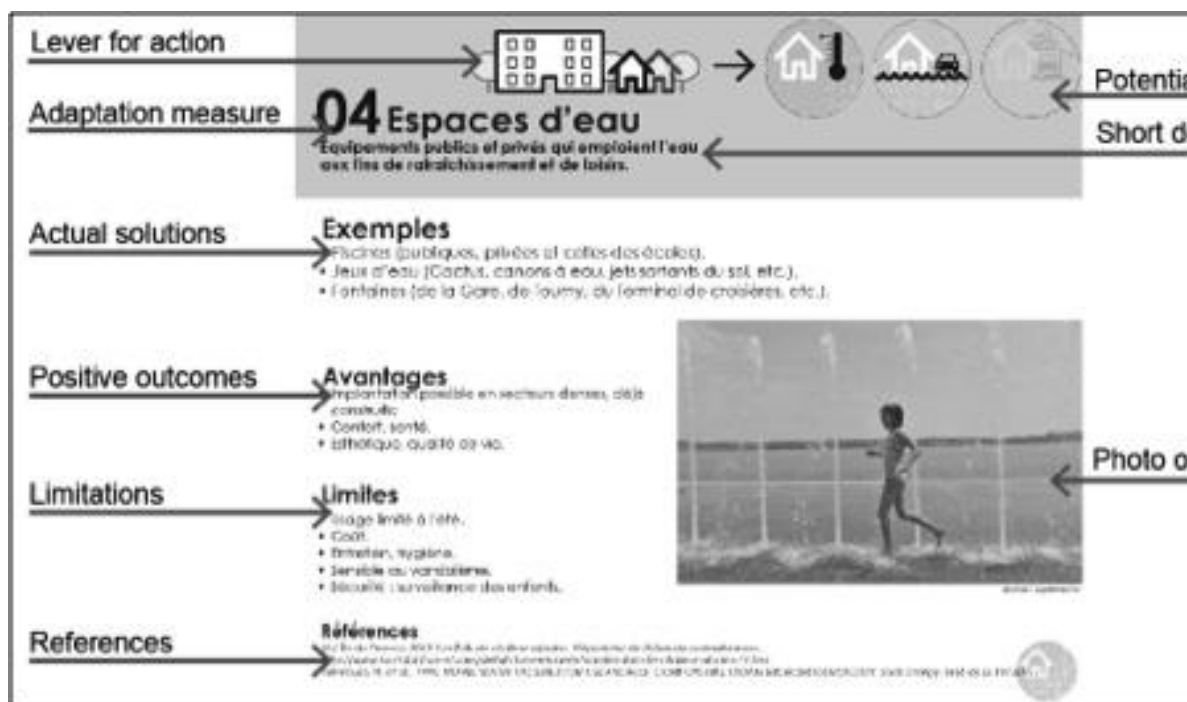




Figure 11 : Validation workshop of adaptation scenarios involving 22 experts, July 2013 (GIRBa, 2013)

3.7 What Have We Learned about the Feasibility and Acceptability of the Proposed Adaptations?

The iterative and collaborative design and evaluation process put together by researchers, designers, and various stakeholders centered on the use of a crowdsourcing platform. The results underline at least two major positive outcomes: first, the co-construction of “local” knowledge based on scientific, technical and practice-based considerations shared by stakeholders, researchers and students alike; second, the realistic adjustment of general adaptation strategies to local contexts with the evaluation of their relevance.

Regarding the knowledge base developed, a total of 738 comments on the proposed adaptation measures were made by 18 citizens and 40 experts²⁸ involved either in the pre-test (Spring 2013) or the final evaluation (Summer 2013). Collected via the crowdsourcing platform, half of the comments were made during the July validation workshop²⁹. Sémato© was used as a qualitative analysis tool that helped identify networks of shared concepts based on semantic rules, thus leading to the identification of indicators as the basis of our analysis³⁰ whose results are only preliminary. A further phase will compare participants’ representations of the proposed adaptations according to their status as expert or non-expert, as well as socioeconomic profile

²⁸ None of the experts had participated to the pre-test.

²⁹ While we cannot make direct comparisons between the two sets of results, we looked into the latter validation activity to get a broad sense of their opinion on the feasibility and acceptability of the proposed adaptation measures.

³⁰ It was devised by the Centre d’analyse de texte par ordinateur (ATO) at Université du Québec à Montréal (www.ling.uqam.ca/ato/)

(age, gender, area and type of residence). Overall, about half of the comments by the experts during the final consultation expressed ambivalence about the proposed adaptations. This proportion is pretty much reflected at the neighbourhood and street scales of intervention, while there was even more disagreement at the residential scale (fig. 12a). The number of comments related to the feasibility and social acceptability of the adaptations however decreased as they applied to features closer to the home (fig. 12b).

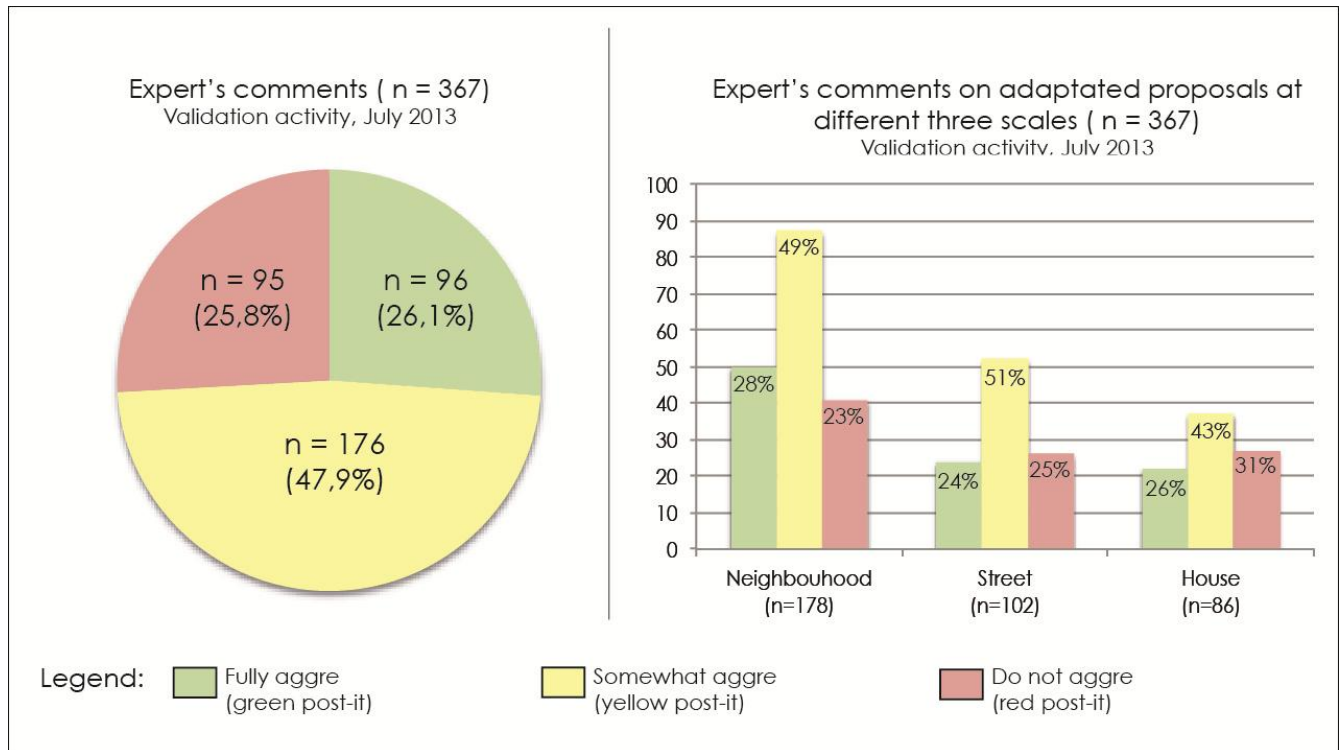


Figure 12 : Proportion of comments formulated by experts during the evaluation (GIRBa, 2013)

At the neighbourhood scale (178 comments), the most mentioned adaptations concerned new or adapted public spaces, such as water parks, market places or parks. These were viewed positively as places for socializing that can especially benefit socio-economically vulnerable people. Urban agriculture in the form of collective gardens was similarly viewed as a good strategy to encourage sociability and increase food security, but also as a durable way to reduce the impact of urban heat islands. Water parks, however, were considered less acceptable if located in places where security or surveillance is difficult to ensure. Replacing parking lots with new public spaces (such as a market place or a park) was considered acceptable but not, some say, if that meant less parking for commercial uses. Proposing curb-side school bus parking in favor of greening a larger portion of the school lot was considered unacceptable by some, as it may create security problems. Enlarging sidewalks and creating pedestrian alleyways cutting through large urban blocks was viewed as acceptable and mostly feasible. However, greening existing paths was identified as even more feasible and less costly than investing in new infrastructures. Overall, even if experts are in agreement with encouraging walking and biking in an effort to reduce car

dependency, such a measure was said to be unrealistic without appropriate incentives and local or provincial public investment. Finally, in spite of a general agreement for a policy that would restrict or prohibit reconstruction in flood-prone areas (after a devastating flooding event, for instance), its political and legal feasibility was considered doubtful at best. Experts tend to think land-planners and environmental managers lack the tools (particularly up-to-date plans) in order to counterweight the political and developers' will to develop flood-prone areas. According to participants, short-term vision prevails and that does not encourage rational dialogue between developers and civil servants. Rather, it is a further incentive to use judiciary reviews in order to obtain the right to develop in such zones.

At the street scale (102 comments), the proposed adaptation to climate change that was considered the most acceptable and feasible is "greening". Apart from having a cooling effect, it is thought to improve the aesthetic quality of the streetscape as well as security for pedestrians. A small amount of comments considered the greening of commercial streets less feasible compared to residential streets, mainly for reasons of desirable visibility for shops and stores. Burying electrical lines to secure the city supply in case of an extreme climatic event was viewed with scepticism because of cost, but also because of potentially unforeseen problems (like flooding, for instance). Landscape ditches to retain and filter runoff water (or bioswales) garnered the most comments at this scale of intervention. In principle, they are assessed as effective means to capture and prevent pollutant runoff while adding to green space to streets. However, they were said to be difficult and almost impossible to implement because of construction and maintenance costs, but also because of likely resistance from residents. Losing parking spaces for bioswales was also seen as unrealistic by some, especially along commercial streets where resistance is also to be expected as political willingness to tackle this issue is doubtful.

At the house scale (86 comments), the adaptations that were considered most acceptable are also related to "greening", such as an apartment building parking lot partly transformed into a collective garden with shared amenities (like gazebos or play areas). Green roofs are also viewed as having a cooling effect in the city. As it was the case at the street scale, burying electrical lines was considered neither a priority nor financially realistic. However, greening residential mews³¹ and replacing the asphalt by a more porous material is considered unlikely because of cost (for construction and maintenance), potential rent hikes and resident resistance. In fact, many of the proposed adaptations on or nearby an apartment building were expected to cause rent hikes as an indirect result of the investment, even in the case of an agreement among tenants.

In sum, the consultation process has led to an important consensus regarding the feasibility and social acceptability of the proposed adaptation measures. It helped identify potential resistance to adaptation measures as anticipating such resistance is crucial to ensure that the efforts of urban designers and local administrations to adapt the urban environment are effective (Sanyal, 2005). This process taught us that effective strategies towards enhancing urban resilience to climate change are "win-win" adaptation measures. For example, propositions including the greening of

³¹ The mews of Quebec City's Limoilou neighborhood, our model for one scenario, are not in the public domain, hence the comments regarding ownership.

pedestrian pathways contribute to permeability and to mitigating the heat island effect, but also have the additional potential of strengthening the social fabric and encouraging active modes of transportation. In other words, our results so far point to the value of “multiple-advantage” measures that are simultaneously feasible, acceptable and cost-efficient. That being said, the collaborative process also pointed to challenges that need to be addressed in order to choose the most effective strategies for different local contexts.

Cost and regulatory codes as main challenges. According to experts, the biggest challenges posed by adaptation to climate change remain its cost and limitative regulatory codes. Although cost is most often associated to the amount of public investment involved in implementing the proposed adaptation measures, it was also referred to in terms of the long-term maintenance of infrastructure (like bioswales for instance), especially in the context of Quebec snowy winters. In fact, the resilience of adaptations during the winter was considered very important. It also prompted some to point out the challenge to raise awareness on the potentially devastating impacts of urban heat island in a city where it is cold at least half of the year! Finally, if most adaptations were considered acceptable in principle, experts viewed codes and city regulations – such as zoning regulations or building codes – as strong barriers to implement the proposed scenarios.

Greening as a readily feasible strategy. Measures related to greening met strong endorsement because they appear relatively straightforward, less costly or technically difficult to realise, and socially desirable. They are also viewed as an effective action to simultaneously improve the quality of citizens’ life while also reducing the urban heat island effect. However, reducing parking space even for greening strategies is considered less acceptable and feasible by experts who mentioned resistance from businesses and municipal governments.

Improving willingness and awareness. Other adaptations were viewed as societal challenges by some participants namely adaptations aiming at encouraging active modes of transportation, implementing urban agriculture or conserving large green spaces as « cooling » areas throughout the city. According to some experts, convincing citizens of the acceptability – let alone the feasibility – of such costly actions in effectively reducing the negative impacts of climate change could prove difficult. Nevertheless, participants agreed on the importance of raising awareness not only within the public, but also within the private sector involved in urban development. The latter’s involvement in some of the proposed adaptations requiring considerable public investment, like street renovation, is viewed as key to ensure their success. This being said, participants also indicated that the need for further awareness and an overall « shift in mentalities » also applied to governing instances. Finally, the consulted experts all agreed for the need for a shared, multisectoral vision in preventive planning as one of the most important strategy towards adaptation to climate change.

The social acceptability and the feasibility of the proposed adaptations will be further evaluated during a public on-line consultation to be conducted in Fall 2013³². Since participation cannot foster engagement without effective information, we are also working on Web 2.0 supported tools to help launch and sustain the consultation. Beyond the use of the crowdsourcing platform, the consultation strategy also comprises a custom-designed Web site with “how-to-participate” podcasts (www.adaptationclimat-girba2013.com), social media posts (via GIRBa’s Facebook and Twitter accounts), direct email contacts, Web networking (through hyperlinks), etc.

3.8 Conclusion

Engaging experts and non-experts in actively thinking about the complex issue of city adaptation to climate change is a challenge that requires flexible participatory strategies allowing for the construction of place-based knowledge. This type of intersectoral and transdisciplinary participatory approach also bears the benefit of mobilizing local stakeholders and raising awareness about climate change, including city officials. In turn, it provides researchers, but also students during their professional training, with multiple opportunities to acquire knowledge on climate change. The mobilization of participants in this process proved easy enough since the subject of the consultation was both pragmatic and local. Lots of knowledgeable actors on climate change were put in co-presence, leading to a fair amount of awareness raising and a form of empowerment³³. These stakeholders were also quite willing to consider the adaptation strategies based on scientific evidence and expertise, as well as potential solutions, within the larger framework of urban sustainability.

Through a collaborative process such as this one, designers can in turn inform researchers about issues and possibilities that would not have been otherwise identified or seen for their potential towards a pragmatic solution. It involves relying on subjective assessments of the best adaptation solution, which can challenge the scope of actions to be taken: what is a matter of public maintenance and what is the domain of private responsibility? What is readily or realistically feasible by local administrations, and what requires long-haul policy changes? Thus collaborative urban design is in itself a powerful strategy to effectively and realistically assemble and “translate” the results of empirical research and technical expertise so that they are validated in context and, more importantly, “understood” by everyone. In that sense, the outcomes of this project are already quite locally embedded, be they process-oriented or in forms more ready for appropriation (such as the illustrated adaption measures). This may pave the way to actual appropriation by policy and agents of change, and the gradual transformation of practices and society.

Visually-supported consultation strategies are quite efficient to reveal what people know and understand about the potential impact climate change bears on their comfort, health and safety, as well as the potential for the city’s sustainable transformation. Developing a visual strategy during

³² The results and outcomes of this final consultation will be addressed by MN Chouinard in her ongoing Masters’ thesis to be published in early 2014.

³³ A quick survey answered by 15 out of 22 of the experts who participated in July workshop indicates that the majority expressed their full agreement regarding the overall usefulness of the discussions’ content for their own practice.

this participatory process also led to interesting lessons and outcomes, not the least being that representation, contextualization and information helps produce knowledge about the “territoriality” of climate change. Also, the diversity of representation modes to inform, encourage mobilization and facilitate evaluation augments the flexibility. Their use in a crowdsourcing platform where they can support comments and activate debates is of particular interest. Our strategy oriented on the realistic and convivial quality of images has led to a set of representations that easily “transferable” in other contexts of intervention or consultation. They represent another key result for immediate appropriation by municipalities and other interested stakeholders as both an information or sensitization tool.

On-line consultation combined with face-to-face interaction have the potential of effectively bringing together different types of rationality and knowledge while creating a space to question, test and validate the feasibility and acceptability of adaptation measures regarding local factors and common practices. While crowdsourcing may represent a powerful tool to inform the population about climate change and its impacts on daily life, the experience proved relatively easy and convivial, but demanded a fair amount of familiarization on the part of participants³⁴. The usefulness of a participatory process to include in-person activities with intersectoral groups of stakeholders appears paramount. Working closely with various stakeholders while also combining Web tools for consultation such as crowdsourcing has considerably enriched the design proposals being adjusted along the way. The evaluation comments generated also allowed for the induction of pragmatic recommendations and actions in different forms – illustrated scenarios and fact sheets -- that can be used as decision aids by elected officials and civil servants to better prepare their municipalities for climate change.

Acknowledgments

For their much valued contribution, the authors thank the members of the design team, Etienne Coutu Sarrazin, Maxime Rochette, Anthony Bouchard, with the help of Dominique Morin-Robitaille & Laurence Jodoin-Nicole, M.Sc candidates, School of Architecture; Martial Labarthe, research professional, CRAD; the graduate students of *Atelier / Laboratoire de Design urbain*, Fall 2012 & *Formes urbaines et pratiques culturelles*, Spring 2013, School of Architecture; Florent Joerin, CRAD; and all the participants to the workshops and consultations.

³⁴ Our participants being hindered by the « how-to » of the new tool is not surprising, nor linked to our choice of platform. It is generally agreed that participatory Web tools tend to limit the deliberative context necessary for consensus building (Baek *et al.*, 2011).

References

- Adger, W.N. "Vulnerability." *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*.16.3 (2006): 268-281. Print.
- Adger, W.N., and K. Vincent. "Uncertainty in Adaptive Capacity." *C. R. Geoscience*.337 (2005): 399-410. Print.
- Al-Kodmany, K. "Public Participation: Technology and Democracy." *Journal of Architectural Education* 53.4 (2000): 220-28. Print.
- Baek, Y.M., M. Wojcieszak, and M.X.D. Carpin. "Online Versus Face-to-Face Deliberation: Who? Why? What? With What Effects?" *New Media and Society* 14.3 (2011): 363-83. Print.
- Birkmann, J. (Ed.). *Measuring Vulnerability to Natural Hazards— Towards Disaster-Resilient Societies* (2006). Tokyo : UNU Press. Print.
- Boholm, Å., and R. Löfstedt. "Facility Siting: Risks, Power and Identity in Land Use Planning." *Risks, Society and Policies Series*. London: Earthscan, 2004. Print.
- Brabham, D.C. "Crowdsourcing the Public Participation Process for Planning Projects." *Planning Theory* 8.3 (2009): 242-62. Print.
- . "Motivation for Participation in a Crowdsourcing Application to Improve Public Engagement in Transit Planning." *Journal of Applied Communication Research* 40.3 (2012): 307-28. Print.
- Brown, V.A., J.A. Harris, and J.Y. Russell. *Tackling Wicked Problems through the Transdisciplinarity Imagination*. London: Earthscan, 2010. Print.
- Bugs, G., C. Granell, O. Fonts, J. Huerta, M. Painho. "An Assessment of Public Participation GIS and Web 2.0 Technologies in Urban Planning Practice in Canela, Brazil." *Cities*.27 (2010): 172-81. Print.
- Bulkeley, H. "Cities and the Governing of Climate Change." *Annual Review on Environmental Ressources* 35 (2010): 229-53. Print.
- CEFRIQ. "Les Médias Sociaux." *NETendances 2012 - Évolution de l'utilisation d'Internet au Québec*. 2012. Web. décembre 2012.
- Authors a. "Tackling Climate Change Adaptation at the Local Level through Community Participation." *Urban Areas and Global Climate Change* Ed. Holt, William G. Vol. 12. *Research in Urban Sociology*: Emerald Group Publishing Limited, 2012. 51-73. Print.
- DeCindio, F., and C. Peraboni. "Building Digital Participation Hives: Toward a Local Public Sphere." *From Social Butterfly to Engaged Citizen ; Urban Informatics, Social Media, Ubiquitous Computing, and Mobile Technology to Support Citizen Engagement* Eds. Foth, M., et al. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2012. 93-113. Print.
- DesJarlais, C. M. Allard, D. Bélanger, A. Blondlot, A. Bouffard, A. Bourque, D. Chaumont, P. Gosselin, D. Houle, C. Larrivée, N. Lease, A.T. Pham, R. Roy, JP. Savard, R. Turcotte et C. Villeneuve. *Savoir s'adapter aux changements climatiques*. Montréal: Ouranos, 2010. Print.
- Authors b. "Les préférences résidentielles des habitants de la CMQ qui envisagent déménager d'ici 2012. Présentation de résultats de l'enquête « Demain Québec : Une enquête pour informer l'aménagement de nos villes »." Ed. (SHQ), *Les entretiens sur l'habitat de la Société d'Habitation du Québec* 2012. Print.

Authors c. Quebec 2020 : A Transdisciplinary and ICT-Supported Approach to Build Consensus around a Sustainable Vision for the Metropolitan Area. European Network for Housing Research (ENHR). June 19th 2013. Print.

Authors d. "Implementing Transdisciplinarity : Architecture and Urban Planning at Work." Transdisciplinary Knowledge in Architecture and Urbanism : Towards Hybrid Modes of Inquiry. Eds. Doucet, I. and N. Janssens. New York: Springer, 2011. Print.

Authors e. "Inertie des habitus et évolution des types architecturaux dans l'habitat de banlieue à Québec." Housing Reconsidered : Echoes of Applied Research. Eds. Barbey, G. and R.J. Lawrence. Gollion, Suisse: Editions Infolio, forthcoming. Print.

Dodge, M., and R. Kitchin. "Crowdsourced Cartography: Mapping Experience and Knowledge." *Environment and Planning A* 45.1 (2013): 19-36. Print.

Authors f. "Vers une architecture et un design urbain adaptés; intégrer les contraintes du dérèglement climatique au processus de conception." Authors g. Changements climatiques et transformation urbaine: un projet de recherche-action pour renforcer la résilience de la CMQ. 2013. Print.

Foth, M. "Network Action Research." *Action Research* 4.2 (2006): 205-26. Print.

Gordon, E., and E. Manosevitch. "Augmented Deliberation: Merging Physical and Virtual Interaction to Engage Communities in Urban Planning." *New Media and Society* 13.1 (2010): 75-95. Print.

Gordon, E., S. Schirra, and J. Hollander. "Immersive Planning: A Conceptual Model for Designing Public Participation with New Technologies." *Environment and Planning B: Planning and Design* 38 (2011): 505-19. Print.

Hallegatte, S. "Strategies to Adapt to an Uncertain Climate Change." *Global Environmental Change* 19 (2009): 240-45. Print.

Hayek, U.W. "Which Is the Appropriate 3D Visualization Type for Participatory Landscape Planning Workshop ? A Portfolio of Their Effectiveness." *Environment and Planning B: Planning and Design*.38 (2011): 921-39. Print.

IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2007. Print.

ISQ, Institut de la Statistique du Québec. Science, technologie et innovation en bref. L'Accès des ménages à Internet. Gouvernement du Québec, 2013. Print.

ISQ, Institut de la Statistique du Québec. Perspectives Démographiques du Québec et des régions, 2006-2056: Gouvernement du Québec, 2009. Print.

Klein, R.J.T, E.L. Shipper, and S. Dessai. "Integrating Mitigation and Adaptation into Climate and Development Policy: Three Research Questions." *Environmental Science and Policy* 8 (2005): 579-88. Print.

Mandarano, L., M. Meenar, and C. Steins. "Building Social Capital in the Digital Age of Civic Engagement." *Journal of Planning Literature* 25.2 (2010): 123-35. Print.

O'Reilly, T. "What Is Web 2.0 : Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software." 2005. Web. March 12th 2013.

Perthuis, Christian de. *Et Pour Quelques Degrés De Plus... Changement Climatique : Incertitudes Et Choix Économiques*. 2nd ed: Pearson, 2010. Print.

Proulx, S. "Can the Use of Digital Media Favour Citizen Involvement?" *Global Media and Communication* 5.3 (2009): 293-307. Print.

Sanyal, B. "Planning as Anticipation of Resistance", *Planning Theory*, 4.3 (2005): 225-245. Print.

Senbel, M., and S.P. Church. "Design Empowerment: The Limits of Accessible Visualization Media in Neighbourhood Densification." *Journal of Planning Education and Research* 31.4 (2011): 423-37. Print.

Slotterback, C.S. "Planners' Perspectives on Using Technology in Participatory Processes." *Environment and Planning B: Planning and Design* 38 (2011): 468-85. Print.

Söderström, O. "Figures De L'intermédiation." *Des images pour agir: Le visuel en urbanisme*. Lausanne: Payot, 2000. Print.

Steininger, S., M.E. Poorazizi, C. Bliss-Taylor, E. Mohammadi, A.J.S. Hunter. "Planyourplace: Merging Social Networks and Participatory GIS for Participatory Planning." *Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage*. 2012. Print.

Stern, E., G. Ori, and S. Tal. "Web-Based and Traditional Public Participation in Comprehensive Planning: A Comparative Study." *Environment and Planning B: Planning and Design* 36.6 (2009): 1067-85. Print.

Tompkins, E.L., W.N. Adger, E. Boyd, S. Nicholson-Cole, K. Weatherhead, N. Arnell. "Observed Adaptation to Climate Change: UK Evidence of Transition to a Well-Adapting Society." *Global Environmental Change* 20 (2010): 627-35. Print.

Authors h. "Adapting the Resident Landscape to Climate Change: An Action-Research Agenda to Imagine Design Solutions, Measure Their Social Acceptability and Inform Planning Decisions." *European Network for Housing Research (ENHR)*. June 20th 2013. Print.

Williams, K., J. Joynt, and D. Hopkins. "Adapting to Climate Change in the Compact City: The Suburban Challenge." *Built Environment* 36.1 (2010): 105-15. Print.

Chapitre 4: Mapping relative hazards associated with urban water supply: a rough approximation approach

****** Les assises de ce chapitre feront l'objet d'un article dans les prochains mois. Dès que l'article sera publié, ce chapitre sera remis en ligne. ******

Chapitre 5 : Mobilité urbaine et changements climatiques : une association à mieux cerner pour renforcer le caractère adapté de la ville

Le chapitre précédent a permis de revenir sur l'évaluation des dangers associés à la qualité et à la disponibilité de l'eau potable par le biais d'analyses multicritère. Il a jeté un double éclairage sur le processus d'évaluation des risques de contamination induits par les changements climatiques pour la qualité et la disponibilité de l'eau potable en milieu urbain mené pour la région de Québec. D'une part, les résultats obtenus permettent de saisir les aléas susceptibles d'avoir les impacts les plus considérables sur la qualité et la disponibilité de l'eau potable. D'autre part, bien que l'influence prédominante d'une variable ('réseau d'approvisionnement') ait, ici, empêché de donner plus de place à ces résultats dans la suite de la recherche, l'évaluation aura permis de mettre en lumière l'intérêt des méthodes d'inférence pour travailler à l'évaluation des priorités, dans un contexte d'incertitude scientifique et de ressources limitées.

L'évaluation des risques par le biais d'analyses multicritère, qui a été centrale dans la deuxième année de la recherche-action, offre la possibilité de structurer les niveaux d'exposition de diverses activités aux risques et peut permettre de jeter les bases d'une cartographie de ces dangers. Les efforts déployés durant la recherche sur la région de Québec n'ont toutefois pas permis l'atteinte de cette structuration ni de la cartographie pour les enjeux liés au transport et à la mobilité ni pour l'analyse du degré d'exposition du bâti à la chaleur. À la différence de l'analyse des enjeux relatifs à la qualité et à la disponibilité de l'eau potable, la quantité et la qualité des données étaient insuffisantes et disparates pour les thèmes du transport de l'exposition du bâti à la chaleur. Néanmoins, la mise en œuvre de ce cadre d'évaluation a favorisé l'émergence d'autres formes de résultats. L'évaluation des enjeux liés au transport a donné place à une réflexion sur la mobilité et sur sa relation avec le climat et les changements climatiques. Cette réflexion et son articulation à des outils d'analyse de la connectivité, de l'intégration, des caractéristiques systémiques d'un réseau routier sont présentées dans le présent chapitre.

Dans ce chapitre :

- L'analyse de la configuration du réseau routier par outils de syntaxe spatiale offre la possibilité de simuler la « réaction » du réseau et les éventuels choix alternatifs de ses usagers dans différents contextes climatiques.
- Une approche de la mobilité et de l'isolement par l'analyse du réseau routier et le niveau d'accessibilité à ce réseau en cas de contrainte est utile et relativement simple.
- L'indice d'intégration découlant de l'analyse par syntaxe spatiale donne une image de l'égalité d'accès au réseau. Il permet aux décideurs et responsables du transport et de la mobilité de cerner l'intégration et l'isolement de certains secteurs et de la population qui occupe ces secteurs. Du même coup, il aide à identifier les priorités d'intervention.

- La simulation du réseau amputé de ses pentes de 10% et plus présente un indice de choix fortement affecté durant les événements extrêmes. Dans le futur, la mobilité à l'échelle locale pourrait être davantage affectée, à Québec, que la mobilité régionale. L'accessibilité et la connectivité locale, surtout problématiques dans la direction nord-sud en Haute-Ville et est-ouest en Basse-Ville de Québec, pourraient être particulièrement touchées, entraînant des obligations de détours, l'allongement des itinéraires et du temps de déplacement.

Index des figures

Figure 1: Cadre conceptuel associant risque, aléa et vulnérabilité	116
Figure 2: Exemple de modèle causal construit par les acteurs territoriaux	124

Index des tableaux

Tableau 1 : Évolution de la mobilité de 1996 à 2006 dans la Région métropolitaine de Québec par simulation du plus court chemin	199
Tableau 2 : Effets appréhendés du climat sur les infrastructures routières	126
Tableau 3: Moyennes et maximum de l'indice d'intégration des analyses syntaxiques du réseau actuel et du réseau simulé de la Région métropolitaine de Québec	129
Tableau 4 : Moyennes et maximum de l'indice de choix des analyses syntaxiques du réseau actuel et du réseau simulé de la Région métropolitaine de Québec	130

Index des annexes

Annexe A : Carte de localisation de la Région métropolitaine de Québec	138
Annexe B : Niveau d'intégration du réseau routier actuel (2012) de la Région métropolitaine de Québec	139
Annexe C : Niveau d'intégration du réseau simulé (horizon 2050) de la Région métropolitaine de Québec	140
Annexe D : Variabilité de l'indice d'intégration entre le réseau actuel (2012) et le réseau simulé (2050)	141
Annexe E : Variabilité de l'indice d'intégration entre le réseau actuel (2012) et le réseau simulé (2050) – Plateau de la Haute-Ville de Québec	142

Mobilité urbaine et changements climatiques : une association à mieux cerner pour renforcer le caractère adapté de la ville

Martial Labarthe¹, Geneviève Cloutier¹, Martin Laliberté¹, Marie-Hélène Vandersmissen¹, Florent Joerin^{1,2}

¹Centre de recherche en aménagement et développement, Université Laval

²Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (heig-vd)

5.1 Introduction

Les changements climatiques et les transports sont intimement associés. Au Québec, le secteur des transports est responsable de près de 40% des émissions de gaz à effet de serre (GES) (MDDEP, 2010) et depuis dix ans des objectifs de réduction des émissions de GES des transports sont énoncés, afin de tenter de réduire leur impact sur le climat. Cependant, cet effort de réduction n'est pas suffisant et il est aujourd'hui indéniable que les villes et leurs systèmes de transport devront s'adapter à de nouvelles conditions climatiques, plus ou moins prononcées selon les secteurs géographiques et les échelles d'intervention.

Cela dit, plusieurs questions persistent quant aux enjeux relatifs à la mobilité des personnes et quant aux formes que devra prendre l'adaptation urbaine aux changements climatiques à ce chapitre. En quoi les changements climatiques affectent-ils le système des transports et la mobilité des personnes ?

L'approche suivie pour répondre à cette question dans le cadre du projet de recherche-action intitulé *Changements climatiques et transformation urbaine : un projet pour renforcer la résilience de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ)* aborde les risques générés par les changements climatiques sur le système des transports en postulant que l'aléa correspond à une dégradation (partielle ou complète, locale ou générale) des réseaux de transports alors que la vulnérabilité intègre les effets de cette dégradation sur la mobilité des personnes (Figure 1). Suite à de nombreuses rencontres et entretiens menés au cours des trois années du projet de recherche auprès de divers acteurs du territoire de la métropole de Québec, il est possible de retenir qu'une préoccupation existe relativement aux conséquences d'isolement et d'accessibilité de certains profils sociaux. Par ailleurs, une dégradation accélérée et une diminution potentielle de la durée de vie utile des infrastructures routières, support de la mobilité, pourraient avoir des conséquences importantes sur cette dernière, augmentant à long terme certains effets d'isolement déjà présents.

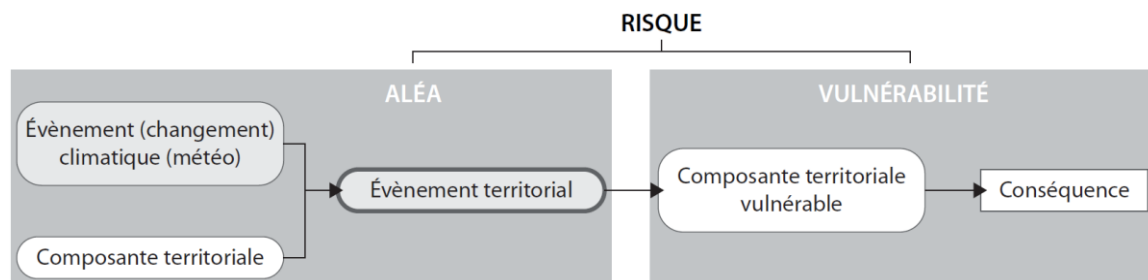


Figure 1 : Cadre conceptuel associant risque, aléa et vulnérabilité

Cependant, tel que présenté au chapitre 1, l'expérience menée pour tenter de comprendre, puis « mesurer » les effets des changements climatiques sur les infrastructures de transport n'ayant pas produits les résultats attendus, nous avons choisi de considérer que cet aléa n'était pas différentiable, sur la base des connaissances et données actuellement disponibles (dans la région de Québec). Dans cette situation, le niveau de risque ne s'exprime plus alors que par le niveau d'accessibilité, devenu l'objet de notre attention particulière. Afin d'évaluer les impacts des changements climatiques sur ce niveau d'accessibilité, une recherche d'outils relatifs à l'analyse de la mobilité nous a mené à envisager les outils de syntaxe spatiale (*Space Syntax*), issus des travaux de l'école Bartlett (University College London) en architecture et proposant une analyse de la configuration de l'espace (Bafna, 2003; Hillier, 2007; Hillier et Hanson, 1984).

Cette technique d'analyse de la configuration, ci-après nommée « syntaxe spatiale », appliquée pour l'évaluation du niveau d'accessibilité d'un réseau routier sous différentes conditions, offre la possibilité d'intégrer des éléments du réseau dits sensibles par les experts en infrastructures routières. Les chutes d'arbre, le bris de mobiliers urbain ou encore les fortes pentes peuvent localement affecter et réduire la mobilité des personnes en contextes météorologiques extrêmes. La syntaxe spatiale propose une lecture systémique du réseau. Elle tente de tenir compte des représentations cognitives et de l'expérience mobile des personnes dans leur choix d'itinéraire. Elle offre ainsi une modélisation se rapprochant au plus près des réalités de circulation. Cette approche amène un éclairage original pour s'interroger sur les effets de situations climatiques particulières, appelées à être de plus en plus fréquentes, sur les habitudes de déplacement (choix d'itinéraire). Elle invite à poser des questions sur la capacité d'adaptation, comprise comme étant la capacité des communautés et des écosystèmes à s'ajuster pour faire face aux changements climatiques afin d'en minimiser les effets négatifs et d'en maximiser les avantages (GIEC, 2001), celle du réseau routier en particulier. Globalement, le réseau routier répondra-t-il encore aux besoins de circulation locaux advenant une dégradation partielle ou complète, locale ou générale ? En termes d'isolement spatial, la syntaxe spatiale permet d'identifier les secteurs aujourd'hui les plus exclus du territoire et d'évaluer l'évolution de l'accessibilité en cas de perturbation du réseau. Les secteurs déjà isolés le seront-ils encore davantage dans des conditions d'événements climatiques extrêmes ? De nouveaux secteurs le deviendront-ils ?

Le présent chapitre présente une évaluation de la pertinence de recourir à la syntaxe spatiale pour mieux saisir la relation entre mobilité et isolement, d'une part, et pour anticiper les impacts climatiques sur le réseau routier, d'autre part. Plus particulièrement, il revient d'abord sur les notions de mobilité sociale et spatiale et s'interroge sur la notion d'isolement spatial. Il présente ensuite le contexte de mobilité de la région métropolitaine de Québec ainsi que l'outil et les techniques que propose la syntaxe spatiale pour en saisir les potentiels et les embûches en contextes projetés. Il présente enfin les résultats de l'analyse de la configuration de l'espace en termes d'indices d'intégration et de choix ainsi que leurs implications aux échelles urbaines et métropolitaines.

5.2 Mobilité et isolement : une lecture par le réseau

5.2.1 Concepts de mobilité et d'isolement spatial

Mobilité et isolement spatial

Les auteurs identifient l'isolement social comme l'une des causes de la forte mortalité qu'a connue la France lors de la canicule de 2003 (Canouï-Poitrine, Cadot, & Spira, 2006). Sachant que la fréquence des événements extrêmes est revue à la hausse dans les projections climatiques à l'horizon 2050 (GIEC, 2009), il est requis de se pencher sur les facteurs d'isolement en contexte de changements climatiques. L'isolement étant aggravé par le vieillissement physique et social des banlieues (Lord, Després, & Ramadier, 2011), l'enjeu apparaît particulièrement important pour les sociétés développées qui connaissent un vieillissement accéléré de leur population et c'est le cas au Québec (Hjorthol, 2013).

L'isolement

Le concept d'isolement social (*social exclusion*), quant à lui, renvoie à l'existence de barrières pouvant rendre difficile, voire impossible, la participation d'une personne ou d'un groupe de personnes aux activités d'une communauté. Les bas revenus et le chômage sont considérés comme les barrières les plus importantes. Le facteur de la faible mobilité est également important, mais il reste très souvent sous-estimé dans les analyses de l'isolement (Stanley et al., 2011). L'isolement social est un état mouvant, dynamique, dont l'individu peut, heureusement, se sortir, mais dont il peut également resté pris (Atkinson & Hills, 1998; Lucas, 2012). L'isolement reste cependant difficilement mesurable tant les variables à prendre en compte sont nombreuses et multidimensionnelles (Lucas, 2012).

Une approche de la mobilité et de l'isolement par l'analyse du réseau routier et le niveau d'accessibilité à ce réseau en cas de contrainte apparaît fertile et relativement simple. Elle semble particulièrement pertinente dans un contexte où le réseau routier occupe une place prépondérante, y compris pour la mobilité individuelle quotidienne, comme c'est le cas à Québec. La région de Québec est de taille moyenne (773281 habitants en 2013). Le réseau routier y est particulièrement étalé (3338,29 km²) en proportion de la population³⁵, ce qui démontre selon nous la place importante du réseau routier dans le fonctionnement de la métropole.

5.3 Contexte métropolitain de Québec

Le paysage contemporain de la région de Québec (Québec, Canada) est façonné par le réseau routier développé dans les années d'après-guerre (Fortin & Cournoyer Boutin, 2011; Morin, 2011). L'usage de l'automobile y est, sans surprise, prédominant : 74,9%³⁶ des résidents s'y

³⁵ Source des données : Communauté métropolitaine de Québec
http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/organisation_municipale/cartotheque/CMQuebec.pdf

³⁶ Source Enquête O-D 2006 : Faits saillants p.14

déplacent par ce mode. Cette prédominance est plutôt habituelle en contexte nord-américain. Cela dit, certaines particularités caractérisent le réseau de Québec.

Réalisées tous les 5 ans depuis 1977, les enquêtes Origine-Destination (O-D) (*national travel survey*) sont les données les plus représentatives des déplacements au sein de la région métropolitaine de Québec. L'enquête de 2006 est la plus récente disponible. Il y est noté que plus de deux millions de déplacements – tous modes de transports confondus – sont effectués chaque jour sur le territoire de Québec (Ministère des transports du Québec, 2008). En d'autres termes, chaque personne fait en moyenne 3,3 déplacements par jour. Cela correspond à une hausse de 37% du nombre de déplacements entre 1991 et 2006, alors que la population n'a augmenté que de 10% sur ce même territoire pour la même période. L'augmentation du nombre de véhicules possédés va dans le même sens (hausse de 12,2% entre 1991 et 1996 et de 4,3% entre 2001 et 2006).

Le pourcentage de personnes dites « non mobiles », c'est-à-dire n'effectuant aucun déplacement durant la journée, est, quant à lui, en baisse : il passe de 19% en 1991 à 15% en 2006. Cela signifie que les résidents de la région métropolitaine de Québec sont de plus en plus nombreux à se déplacer quotidiennement sur le réseau routier. Et 87% de ces déplacements sont effectués à bord d'un mode de transport motorisé.

Des simulations d'itinéraires (selon le plus court chemin) de l'équipe de recherche « Accès à la Cité », du Centre de recherche en aménagement et développement (CRAD) de l'Université Laval, démontrent une augmentation des distances et des temps des déplacements entre 1996 et 2006 (tableau 1). Ce constat se confirme avec la hausse du nombre de véhicules-kilomètres parcourus³⁷ entre 2000 et 2009, enregistrant un taux annuel moyen de 0,8% soit une croissance totale de 7,7% (Office de l'efficacité énergétique, 2011).

Tableau 1 : Évolution de la mobilité de 1996 à 2006 dans la Région métropolitaine de Québec par simulation du plus court chemin

Année	Nb pers. en auto	Distance médiane (km)	Temps médian (min)
2006	47168	23,482	32,88
2001	39991	21,776	31,23
1996	31941	22,477	32,17

http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/ministere/recherche/enquetes/quebec/enquete2006/enquete_od2006_faits_saill.pdf

³⁷ VKT : vehicle kilometers traveled

De fait, la Capitale-Nationale compte plus de 481 km d'autoroute, ce qui représente un ratio d'environ 20 km pour 100 000 habitants. Ce ratio de kilomètres par habitant est le plus élevé au Canada et le troisième en Amérique du Nord (Boutin, 2002).

Une étude sur l'organisation spatiale du réseau par une lecture de syntaxe spatiale démontre que le réseau routier de la région métropolitaine de Québec possède un niveau d'intégration relativement faible, dénotant un problème général d'accessibilité (Dufaux, Labarthe, & Laliberté, 2013). De plus, comparativement à d'autres villes nord-américaines de même taille – essentiellement états-uniennes – la métropole de Québec présente des niveaux d'accessibilité et de connectivité plus faibles (Hillier, Yang, & Turner, 2012). On note aussi une hiérarchisation confuse de l'usage des infrastructures (Dufaux, Labarthe et Laliberté, 2013). Le réseau routier régional de Québec est en fait davantage utilisé par les usagers locaux, pour des déplacements de proximité. Autrement dit, malgré un ratio élevé de kilomètres pavés par habitant, les usagers du réseau routier de Québec n'ont pas un meilleur accès aux différents lieux importants du territoire et ne sont pas mieux desservis ou plus efficacement.

Cette caractérisation du réseau routier régional de Québec appuie la pertinence d'aborder la mobilité des personnes par l'analyse de la configuration du réseau de transport (Dufaux et al., 2013). Le réseau, pensé dans un premier temps pour répondre à la demande de mobilité des personnes, s'avère avoir des effets secondaires structurants, se traduisant par des différences et des inégalités sociales et territoriales. Dans ce contexte, la syntaxe spatiale se présente comme une façon de combler des manques laissés par les outils traditionnels d'aide à la décision concernant la mobilité et le transport.

5.4 L'analyse de la configuration spatiale comme outil d'aide à la décision en matière de transport et de mobilité

Les enquêtes O-D sont mises à profit par les métropoles occidentales pour aider la planification du territoire et des infrastructures de transport (Ortuzar et al., 2011). Malgré la richesse des informations sur les déplacements quotidiens qu'elles contiennent, le point de départ et la destination d'un déplacement notamment, ces enquêtes occultent certaines informations pourtant très utiles pour mieux comprendre les patterns de mobilité, identifier les besoins, évaluer l'offre et la demande. Les motivations derrière les comportements, notamment, ne sont pas étudiées par le biais de ces enquêtes. Aucune information n'y est fournie sur les itinéraires choisis par les individus membres d'un ménage. Lorsque les enquêtes métropolitaines sont associées à des simulations de déplacement, celles-ci supposent que le trajet le plus court est privilégié, ce qui ne fait plus l'unanimité pour les déplacements des personnes (Hillier & Iida, 2005).

Les mesures quantitatives comme les « débits journaliers moyens annuels » (DJMA) sont également employées à des fins de planification des flux de circulation, afin de mesurer le niveau de saturation des axes routiers. Toutefois, ces mesures ne parviennent que partiellement à combler le manque de connaissances à propos des itinéraires choisis, étant donné qu'elles n'informent que sur un flux, à un lieu précis, sans permettre d'établir la provenance ni la destination des véhicules comptabilisés.

L'approche par la syntaxe spatiale, développée par Bill Hillier et Julienne Hanson avec leurs collègues de la Bartlett School of Architecture and Planning à Londres, se présente comme un complément important aux méthodes d'enquêtes O-D et aux DJMA. Conçue pour renforcer la compréhension de la relation entre la configuration spatiale du réseau urbain et les dimensions sociales, économiques et environnementales de la ville, la syntaxe spatiale appréhende l'espace comme étant le support de la ville physique et de la ville sociale (Hillier & Vaughan, 2007). L'approche postule que la distance est fortement dépendante de la représentation cognitive que l'individu s'en fait (Hillier et al., 1983; Hillier, 1988), de la direction à prendre (Kim & Penn, 2004) et de l'utilité du déplacement (Papinski & Scott, 2013). Autrement dit, la définition de la notion de distance est autant attribuable à l'expérience individuelle du déplacement, au confort, aux obstacles rencontrés sur le trajet – les arrêts et les feux de signalisation par exemple – à la congestion, à l'esthétique (Golledge & Gärling, 2003), à la motivation du déplacement, qu'à l'écart physique séparant le point de départ du point d'arrivée.

Se présentant comme un cadre d'interprétation de la configuration de l'espace, les outils associés à la syntaxe spatiale proposent différents indices aux praticiens, aux urbanistes ou architectes notamment, pour saisir les impacts de leurs projets sur l'organisation sociale. S'inspirant de la théorie des graphes (Hillier & Hanson, 1984), la syntaxe spatiale propose une clarification de l'aspect général d'un espace, qu'il s'agisse d'un bâtiment ou d'une ville dans son ensemble, de façon à mieux comprendre les liens réels et potentiels entre les composantes de cet espace. En reproduisant les caractéristiques du réseau routier d'une ville, par exemple, l'approche permet d'identifier ce que ce réseau conditionne comme opportunités de déplacements et comme expériences du mouvement (Hillier & Hanson, 1984). S'appuyant sur l'hypothèse que les individus ont une préférence pour les itinéraires qui leur procureront une expérience facile, aisée et insouciant, la syntaxe spatiale analyse la circulation à l'intérieur d'un bâtiment ou au sein du réseau urbain pour comprendre et projeter les itinéraires des individus, les obstacles qu'ils pourraient rencontrer, les alternatives à renforcer, etc. Du même élan, les chercheurs et praticiens qui utilisent les logiciels de syntaxe spatiale s'intéressent au niveau d'intégration ou d'exclusion propre à l'espace (Vaughn et al., 2005; Lupton, 2003). Le niveau d'intégration retranscrit la distribution des niveaux d'attractivité vers les activités, et donc la distribution de centralité au sein d'une ville (Cutini, 2009). Plus la circulation y est continue et fluide, plus l'espace peut être considéré comme intégré et, par conséquent, plus les mouvements individuels seront fluides eux aussi (Enström & Netzell, 2008). Un espace marqué de ruptures et de discontinuité encourage, au contraire, l'exclusion.

Si certains peuvent reprocher à la syntaxe spatiale de prendre appui sur une forme de déterminisme spatial, elle n'en demeure pas moins une approche à la fois claire et fine de la configuration de la ville qui permet, notamment, d'aborder efficacement l'expérience de la vie quotidienne urbaine (Seamon, 1993). En intégrant une analyse des choix comportementaux à l'analyse physico-spatiale du mouvement, la syntaxe spatiale offre une lecture des déplacements sous l'angle de la mobilité, et non pas seulement en termes d'infrastructures.

5.5 Questions et hypothèses

La croissance observée du nombre de véhicules et du nombre de personnes sur le réseau routier de la région métropolitaine de Québec, porte à croire qu'une plus grande part de la population est exposée aux effets d'une mobilité qui pourrait occasionnellement se dégrader, notamment en raison d'aléas météorologiques et climatiques.

Les études associant le climat ou la météo avec la mobilité des personnes sont aujourd'hui nombreuses, surtout en ce qui a trait à la mobilité en contexte occidental. Le survol de la littérature sur cette relation réalisé par Böcker, Dijst et Prillwitz (2013) permet de constater que la grande majorité des travaux portent sur la mobilité active (la marche et le vélo) et sur les contraintes que peuvent constituer les conditions météorologiques sur ces façons de se mouvoir. De plus, plusieurs études s'intéressent surtout au comportement de mobilité, soit au choix de l'itinéraire, à la vitesse, au choix du mode de déplacements, à la réalisation des activités extérieures. Toutes ces facettes sont essentielles à documenter pour bien comprendre le système local et régional de mobilité des individus. Cela dit, peu d'attention a été réservée aux impacts des changements climatiques sur la mobilité au sein du réseau routier principal, qui accapare une part importante de la mobilité individuelle quotidienne. La question de savoir comment les changements climatiques peuvent affecter les déplacements des individus à l'intérieur du réseau routier, du réseau régional au réseau local et micro-local, reste rarement traitée. Ce contexte invite à s'interroger sur les choix actuels dont disposent les individus se déplaçant au sein de la région de Québec et choisissant d'utiliser le réseau routier pour leurs déplacements. Comment leurs déplacements pourraient-ils se voir contraints en contexte de changements climatiques ? Quelles seraient ces contraintes ? Les résidents des secteurs du réseau qui seraient potentiellement les plus touchés par les impacts appréhendés des changements climatiques doivent-ils être considérés comme isolés ? Y a-t-il une nouvelle forme d'isolement, liée aux changements climatiques et à leurs impacts sur le réseau routier ?

Il y a lieu de porter attention sur les effets que pourraient avoir les changements climatiques sur l'usage du réseau routier, sur la mobilité et, du même coup, sur la vulnérabilité des individus et des groupes. Pour vérifier l'hypothèse selon laquelle, dans le contexte où l'on anticipe une occurrence plus fréquente et plus intense des événements extrêmes, les changements climatiques sont susceptibles de renforcer le problème de l'isolement déjà présent sur le territoire de l'agglomération de Québec, l'étude sur Québec combine une approche participative, interpellant la connaissance du terrain portée par des experts territoriaux avec la syntaxe spatiale, dans le but de saisir les points névralgiques du réseau routier et de mieux comprendre le processus d'isolement spatial.

5.6 Faire atterrir les changements climatiques à l'échelle de la région métropolitaine de Québec

5.6.1 Diagnostic territorial participatif

La démarche participative réalisée à Québec en 2011 et 2012 articulait une série d'ateliers sectoriels de discussion à des ateliers de discussion sur les aspects techniques de la gestion des infrastructures de transport. Les ateliers sectoriels interpelaient des acteurs évoluant dans la

région de Québec et s'intéressant aux enjeux de développement, d'aménagement et de qualité de vie, mais rarement directement à la question climatique. Les six groupes de discussion ont permis de rencontrer des professionnels du milieu municipal (1), des agents d'information et de sensibilisation au développement environnemental urbain (2), des représentants du milieu des affaires (3), des chercheurs et intervenants experts en réadaptation et en participation sociale (4), des organisateurs communautaires (5) et des citoyens d'un quartier urbain central de la Ville de Québec (6). Ces ateliers ont permis de faire un état de la situation sur les connaissances et le niveau de proximité de la question des changements climatiques dans leur activité professionnelle respective.

La majorité des intervenants s'est dite interpellée par cet enjeu, mais considérait qu'elle n'était pas à l'agenda des priorités. Les ateliers ont, à cet égard, assuré une certaine forme de mobilisation des agents rencontrés. Ces derniers ont été sollicités à nouveau pour prendre part à un forum les réunissant et interpellant d'autres acteurs territoriaux.

Une quarantaine de personnes ont été invitées à ce forum, dans l'objectif d'échanger sur les effets possibles des changements climatiques pour l'agglomération de Québec. Afin de cadrer l'enjeu climatique à l'échelle locale et de façon à rendre plus tangible la réflexion, cinq secteurs géographiques ont été retenus comme supports des discussions. Ces secteurs ont été sélectionnés suivant leur densité, leur topographie, leur composition démographique, jugées représentatives des formes urbaines du territoire métropolitain. En outre, de par leur expérience, les participants connaissaient ces secteurs, de près ou de loin, y vivant, y travaillant ou étant familier de la gestion des éléments qui s'y trouvent.

Concrètement, les participants ont été mis en situation et consultés sur leur appréciation des éléments sensibles du secteur urbain, tant sur le plan social, physique, qu'économique ou organisationnel. Ils étaient ainsi sondés sur les forces et les faiblesses du secteur urbain considéré. Ces éléments territoriaux étaient ensuite mis en relation avec le climat en général et avec les projections annoncées en particulier.

À ce sujet, les projections prévoient, pour la région du Sud du Québec, dont fait partie la région métropolitaine de Québec, une augmentation des températures moyennes, une perturbation des registres de précipitations et des événements extrêmes plus récurrents à l'horizon 2050 (DesJarlais *et al.*, 2010). L'augmentation des températures moyennes sera plus importante lors de la saison hivernale (entre 2,5 et 3,8°C) qu'en été (1,9 et 3°C). La perturbation des régimes de pluies et des températures moyennes aura pour conséquence de diminuer le couvert de neige au sol durant l'hiver, d'augmenter la fréquence des précipitations sous forme de pluie durant cette même saison et de modifier les cycles de gel et dégel, notamment au printemps et à l'automne.

Ces changements affecteront les infrastructures urbaines (eaux, transport, communications, etc.) et le cadre naturel urbain (rivières, couvert végétal, etc.) (Chaumont & Brown, 2010; Mailhot & Duchesne, 2010). Les études sur le sujet confirment la vulnérabilité des infrastructures routières aux variations climatiques futures (Canadian Council of Professional Engineers, 2008; Chaumont & Brown, 2010; Engineering the Future Alliance, 2011). Les ponts, par exemple, verront leur revêtement particulièrement affecté par les cycles de gel-dégel et par l'accumulation de glace

associée au verglas (Canadian Council of Professional Engineers, 2008). De la même façon, la surface des routes et les trottoirs se verront affectées par les précipitations, sous forme de neige autant que d'eau.

Notre hypothèse est que les aléas climatiques pourraient également avoir des effets sur les flux de déplacements des personnes et sur le problème de l'isolement déjà présent sur le territoire de l'agglomération de Québec. Pour la vérifier, les participants des ateliers et du forum ont été invités à discuter des interactions possibles entre les forces et faiblesses du territoire et les changements climatiques annoncés. À partir de leurs propos, l'équipe de recherche a pu dresser un portrait systémique des éléments sensibles et des conséquences directes ou moins directes qu'ils pouvaient encourir sur un autre secteur, sur une population, sur un mode de fonctionnement, notamment (Desthieux et al., 2010).

Les schémas causaux découlant de l'analyse du discours effectuée par l'équipe de recherche ont ensuite été présentés et expliqués aux participants du forum. Chacun a été invité à les commenter et à les modifier au besoin. Par exemple, à cette étape, des éléments jugés manquants ont pu être ajoutés, retranchés ou relocalisés. Le forum a ainsi permis la réalisation d'une trentaine de modèles causaux intégrant une variété de thématiques (voir **Figure 2** pour un exemple de ces modèles causaux). La gestion de l'eau, l'exposition du cadre bâti à la chaleur, la préservation de la biodiversité, la préservation des berges, la gestion des transports sont parmi les thèmes retenus et schématisés.

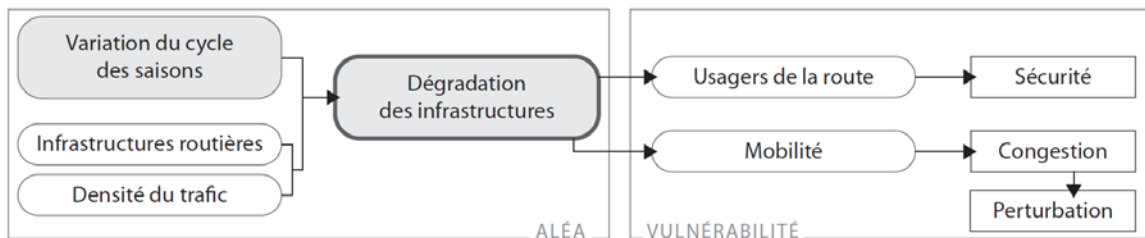


Figure 2 : Exemple de modèle causal construit par les acteurs territoriaux

Suite au forum, à partir de la compilation des propos exprimés à chacune des cinq tables de discussion, une analyse de récurrence des propos convergents et des divergences a été réalisée par l'équipe de recherche. Les propos revenant le plus fréquemment de façon convergente entre les participants et entre les tables concernaient, dans l'ordre : 1) l'effet du climat sur l'isolement des individus, 2) l'effet du climat sur le transport, 3) l'effet du climat sur la santé des individus, 4) l'effet du climat sur l'état des infrastructures routières et 5) la pollution du cadre naturel urbain.

Plus précisément, la notion d'accessibilité s'est avérée centrale dans les discours et ce, tant dans son acception « avoir accès à... » que dans son acception « être accessible par... ». Cela dit, ce thème a soulevé davantage de questionnements chez les participants qu'il n'a pu engendrer de réponses. Les propos concernaient notamment les alternatives envisageables advenant une perturbation majeure du réseau routier (chemins alternatifs, modes alternatifs, etc.) et le maintien du cadre organisationnel existant (horaires de travail, qualité des services d'urgence, etc.). Les

transports en commun seront-ils adaptés aux nouvelles conditions climatiques ? Comment les services aux personnes à mobilité réduite seront-ils assurés ? Les commentaires ont été retenus comme des révélateurs des perceptions et des préoccupations des acteurs territoriaux. Ils ont servi de base à une évaluation des risques plus traditionnelles, c'est-à-dire s'en remettant à une expertise ciblée dans le domaine de la gestion et de la planification du transport et de la mobilité. Cette évaluation devait s'appuyer sur des données institutionnelles précises.

5.6.2 Évaluation participative et multicritère des risques

Dix experts en infrastructures routières et en systèmes de transport ont été réunis lors de deux ateliers de discussion³⁸, portant sur les facteurs de risque relatifs aux infrastructures routières. Ils furent unanimes sur l'existence de deux grands ensembles d'effets potentiels du climat sur les infrastructures : (1) la dégradation des infrastructures routières et (2) l'indisponibilité des infrastructures routières pour l'utilisateur. La dégradation des infrastructures peut être elle-même de deux types : (1.1) les dégradations qui affectent la durée de vie utile des infrastructures, l'usure accélérée des routes par infiltration d'eau par exemple, et (1.2) altérant son état direct par une perturbation majeure telle que l'érosion ou encore les glissements de terrain [voir tableau 2].

Bien qu'il y ait risque que les glissements de terrain et les inondations affectent directement les infrastructures routières dans la région métropolitaine de Québec, les experts réunis estiment que c'est leur durée de vie utile qui est susceptible d'être la plus touchée par les changements climatiques. La littérature tend à confirmer ce constat (Canadian Council of Professional Engineers, 2008; Chaumont & Brown, 2010; Engineering the Future Alliance, 2011; Lemmen, Warren, Lacroix, & Bush, 2008). Ces effets ne toucheront ainsi pas directement la population, mais davantage la planification, la gestion et la réglementation de construction des infrastructures routières. Ce sont autant de responsabilités dont les municipalités et instances gouvernementales devront s'acquitter.

Les experts ont considéré que les effets en lien avec la diminution de la durée de vie utile (arrachement, fissuration, etc.) ne seront pas d'une ampleur suffisante pour estimer que l'infrastructure devienne désuète pour la mobilité des personnes. L'aléa *dégradation de l'infrastructure routière* est ainsi écarté pour l'analyse de vulnérabilité de la mobilité.

³⁸ Le premier atelier a eu lieu en décembre 2011 et visait à identifier les facteurs de risque liés à l'infrastructure de même que la recension des données institutionnelles disponible pour faire l'évaluation de l'intensité de ce risque. Le second atelier regroupait les mêmes intervenants, à une exception, il a eu lieu en février 2012 et visait à évaluer à l'aide de plusieurs critères.

Le tableau 2 résume les effets potentiels des changements climatiques sur les infrastructures routières selon les experts consultés. Pour chaque condition climatique, un ou plusieurs effets sont associés (en orange).

Tableau 2 : Effets appréhendés du climat sur les infrastructures routières

Conditions climatiques	Effets potentiels des changements climatiques sur les infrastructures									Indisponibilité
	Dégradation de l'infrastructure									
	Érosion	Glissement de terrain	Inondation	Arrachement	Fissuration		Ornière structurale	Soulèvement	Ramollissement	
fatigue					thermique					
Cycles de Gel/dégel										
Températures élevées										
Augmentation des précip.										
Fortes pluies										
Vents forts										
Précipitation de neige										
Fonte des neiges										
Températures basses										
Pluie verglaçante										

Selon les experts, la disponibilité de l'infrastructure routière pour la mobilité des personnes est davantage conditionnée par des éléments sensibles du réseau. Les arbres, le mobilier urbain, par leur chute ou leur dysfonctionnement en contextes météorologiques extrêmes (ex : les vents violents) peuvent obstruer, perturber la circulation automobile. La topographie du milieu (pentes) peut également présenter d'autres défis en contexte de pluies verglaçantes, de pluies diluviennes ou de tempêtes hivernales. C'est vers ces derniers résultats que l'évaluation de la vulnérabilité de la mobilité se tourne par l'entremise de la syntaxe spatiale.

5.7 Analyses et discussion

Dans l'objectif d'estimer les impacts des changements climatiques sur la mobilité et l'isolement spatial des personnes et groupes de personnes, la syntaxe spatiale est employée tout en intégrant les pistes de réflexion que les experts du territoire ont soulevées.

Rappelons que, pour l'approche retenue, la notion de distance est considérée fortement dépendante de la représentation cognitive (comme la configuration des routes) que peuvent avoir les usagers. Hillier and Iida (2005) considèrent que les structures géométriques et topologiques sont aujourd'hui les deux outils les plus représentatifs des mouvements dans les villes. Ils entendent par lecture *géométrique* « la distance mesurée comme la somme des variations angulaires d'un itinéraire, selon une pondération de chaque intersection/virage proportionnelle à

l'angle d'incidence de deux segments de droite à l'intersection³⁹ » et par lecture *topologique* « la distance mesurée comme étant le nombre de changements de direction qui doit être emprunté⁴⁰ » (Hillier & Iida, 2005, pp. 481-482). Ces deux types de lecture transcrivent la perception naturelle qu'une personne a lors de ses mouvements dans l'espace. Les virages, intersections, feux de circulation, arrêts, la congestion automobile et autres objets qualifiant la circulation sont autant d'éléments pouvant être perçus comme des obstacles et donc influençant la conduite, le choix d'itinéraire, la perception du plus court chemin.

L'objectif de cette application des outils de syntaxe spatiale est de modéliser les modifications potentielles qu'un réseau peut subir dans un contexte climatique déterminé. Dans le cas du projet de recherche *Changements climatiques et transformation urbaine*, nous utilisons les résultats et données de l'année d'expertise. Rappelons que pour des aléas de pluies diluviennes, de pluies verglaçantes et de tempêtes hivernales, les facteurs jugés par les participants à nos ateliers comme étant les plus susceptibles de perturber la mobilité sont : les chutes d'arbres, les bris de mobiliers urbains et la topographie du milieu. N'ayant à ce jour que des données concernant la topographie du réseau routier de la Ville de Québec à notre disposition, la simulation que nous proposons est celle du réseau suivant un scénario où les pentes d'une inclinaison de 10% et plus seraient difficilement praticables en raison des projections climatiques à l'horizon 2050. Dans le futur, des analyses intégrant des scénarios où certains tronçons sont inondés pourraient être réalisées pour connaître les effets de ces impacts sur le fonctionnement du réseau. Il s'agirait alors d'avoir les informations nécessaires pour connaître les zones inondables.

Le logiciel UCL Depthmap⁴¹ offre une gamme variée d'outils mais, tel qu'évoqué précédemment, notre attention s'est portée sur les indices d'intégration et les indices de choix. L'intégration représente le potentiel de destination, le *to-movement*, de chaque segment du système. L'indice d'intégration se calcule en prenant en compte le nombre total de segments composant le système et en le combinant à la « profondeur moyenne » du dit système. Ainsi, les segments les plus intégrés sont ceux à partir desquels tous les autres segments du système sont les moins profonds en moyenne. La profondeur fait référence à l'*éloignement angulaire* d'un segment dans son réseau. Plus un segment est profond, plus il est angulairement loin de tous les autres, donc plus il sera isolé. C'est à dire que le coût en changement de direction sera plus élevé pour s'y rendre que pour un segment peu profond, traduisant ainsi un itinéraire perçu comme plus complexe par les personnes. En somme, les segments les plus intégrés sont ceux à partir desquels tous les autres segments du système sont les moins profonds en moyenne. Comme ces segments sont les plus «

³⁹ Traduction libre de : "*Distance cost is measured as the sum of angular changes that are made on a route, by assigning a weight to each intersection proportional to the angle of incidence of two line segments at the intersection.*"

⁴⁰ Traduction libre de : "*Distance cost is measured as the number of changes of direction that have to be taken on a route.*"

⁴¹ Site Internet : <http://www.spacesyntax.net/software/ucl-depthmap/>

proches » de tous les autres, ils sont donc plus susceptibles d’être des lieux de convergence. Plus un tronçon est intégré, plus il est potentiellement utilisé par les usagers du système, ou autrement dit, plus il est central (Cutini, 2009). La valeur obtenue est pondérée selon l’angle de connexion entre les segments afin de tenir compte de l’effet psychologique de la courbure plus ou moins prononcée des routes et des changements de direction sur le choix de trajet des voyageurs dans l’espace (Hillier, 2007; Hillier & Iida, 2005; Hillier et al., 2012).

Quant à l’indice de **choix**, il représente plutôt le potentiel de chaque segment à relier une origine à une destination. On parle ici du *through-movement*. Cette valeur est également pondérée selon l’angle de connexion entre les segments. Les segments ayant les plus fortes valeurs de choix sont donc ceux qui sont les plus susceptibles d’être utilisés dans un plus grand nombre de déplacements entre deux points (Hillier, 2007; Hillier & Iida, 2005; Hillier et al., 2012). Pour avoir plus de détails, il est possible de se référer aux articles d’Alasdair Turner, l’un des développeur du logiciel UCL Depthmap (Turner, 2001, 2007).

À des fins méthodologiques, l’analyse est restreinte au secteur urbanisé de la Communauté métropolitaine de Québec, évitant ainsi certains biais pouvant être provoqués par les zones périphériques peu denses (Hillier *et al.*, 2012). De plus, la normalisation des données d’intégration et de choix développée par les auteurs est utilisée afin de pouvoir comparer les cartes de réseaux, ces derniers variant selon les différents contextes climatiques, c’est-à-dire selon le scénario climatique de référence, mais aussi selon le contexte géographique. De cette manière, l’indice d’intégration est représenté par l’acronyme NAIN (*normalised angular integration*) et l’indice de choix par l’acronyme NACH (*normalised angular choice*) (Hillier *et al.*, 2012).

Les formules sont les suivantes :

$$\text{NAIN}_r = (\text{NC}_r + 2)^{1,2} / \text{ATD}_r$$

où NAIN est le niveau d’intégration normalisé (*normalised integration*) selon un rayon métrique de r , NC $_r$ est le nombre de noeuds (*node count*), selon un rayon métrique de r et ATD $_r$ est la profondeur angulaire totale (*angular total depth*) selon un rayon métrique de r . La constante de 2 sert à éviter des calculs inutiles qui aboutiraient à l’absence de data dans le logiciel Depthmap.

$$\text{NACH}_r = \log(\text{ACH}_r + 1) / \log(\text{ATD}_r + 3)$$

où NACH $_r$ réfère au choix angulaire normalisé (*Normalised angular choice*) selon un rayon métrique de r , ACH $_r$ est le choix angulaire (*angular choice*) selon un rayon métrique de r et ATD $_r$ est la profondeur angulaire totale (*angular total depth*) selon un rayon métrique de r . Les deux constantes 1 et 3 servent à éviter des calculs inutiles de logarithmes de valeurs 0 ou à des calculs qui aboutiraient à des absences de données (*nodata*) dans Depthmap.

La normalisation permet également de dégager deux niveaux de lecture du réseau analysé, soit (1) le réseau local (*background network*) et (2) le réseau d’ordre régional (*foreground network*), de continuité linéaire formant une structure ordonnée qui lie les centres entre eux. Le réseau d’ordre régional englobe ainsi le réseau local (Hillier, 2012; Hillier *et al.*, 2012).

De manière générale, les moyennes de l'indice NAIN et de l'indice NACH ainsi que leur maximum sont considérés comme des données pertinentes pour la compréhension des réseaux routiers tels que celui de la région métropolitaine de Québec. La moyenne fournit de l'information sur la facilité d'accès (NAIN) et le degré de structure (NACH) du réseau local et les valeurs maximales, quant à elles, renseignent plus particulièrement sur l'accessibilité (NAIN) et la structure (NACH) des grands liens spatiaux du réseau d'ordre régional.

5.7.1 Indice d'intégration

Rappelons que des travaux antérieurs ont constaté des problèmes d'accessibilité et de confusion des fonctions d'usage des différents niveaux du réseau actuel de la Capitale-Nationale (Dufaux *et al.*, 2013). La faible valeur maximale du réseau local (*foreground network*) (1,36) invite à considérer que le réseau routier régional de Québec est davantage utilisé par les usagers locaux pour des déplacements de proximité.

Dans un contexte de changements climatiques, une simulation du réseau métropolitain de Québec amputé de l'élément sensible que constituent les fortes pentes de 10% permet de constater l'ampleur des impacts. Le réseau simulé présente une moyenne de 0,75 et un maximum de 1,29, soit un maximum et une moyenne plus faibles qu'en réseau actuel (tableau 3). Ces résultats de simulation dénotent une accentuation des problèmes d'accessibilité et d'usage relevé par Dufaux *et al.* concernant le réseau actuel.

Tableau 3 : Moyennes et maximum de l'indice d'intégration des analyses syntaxiques du réseau actuel et du réseau simulé de la Région métropolitaine de Québec

NAIN	Moyenne	Maximum
Réseau actuel	0,80	1,36
Réseau simulé	0,75	1,29

Suivant les résultats de cette simulation, il est possible de penser que la mobilité locale aurait à se rabattre vers les axes autoroutiers. Cela aurait pour conséquence d'amenuiser davantage la distinction entre le réseau destiné à un usage local et le réseau régional. On peut imaginer les contraintes possibles que ce rabattement pourrait entraîner sur la desserte de certains services d'urgence (pompiers, ambulances, etc.) pour les populations locales, mais aussi la perturbation des choix de mobilité et la mobilité elle-même par une saturation du réseau local. En d'autres termes, l'accessibilité déjà problématique du territoire urbanisé de Québec pourrait être considérablement affectée, le temps de l'évènement climatique, advenant des perturbations climatiques assez importantes pour rendre impraticables les pentes jugées fortes et très fortes.

5.7.2 Indices de choix

Le réseau routier local (*background network*) (moyenne de 0,8) fragmenté du réseau métropolitain de Québec lui confère une faible connectivité locale (Dufaux *et al.*, 2013). En réseau simulé, cette valeur diminue de 0,02, passant de 0,80 à 0,78 (tableau 4). Puisque cette

tendance à la baisse n’affecte pas les maximums, qui passent plutôt de 1,58 en réseau actuel à 1,60 en réseau simulé, il est possible de déduire qu’en contexte de fortes pluies, de pluies verglaçantes et de tempêtes hivernales, le réseau local serait davantage affecté que le réseau métropolitain.

Tableau 4 : Moyennes et maximum de l'indice de choix des analyses syntaxiques du réseau actuel et du réseau simulé de la Région métropolitaine de Québec

NACH	Moyenne	Maximum
Réseau actuel	0,80	1,58
Réseau simulé	0,78	1,60

En effet, à la lumière de ces résultats, le choix des itinéraires pour des déplacements ayant une origine et une destination d’ordre régional se verrait peu affecté par les changements climatiques. Par contre, la mobilité à l’échelle locale risquerait d’être plus contraignante, confirmant les résultats de l’indice d’intégration. L’itinéraire des déplacements locaux se traduirait alors par des parcours plus sinueux, plus complexes.

En résumé, la simulation du réseau amputé de ses pentes de 10% et plus, montre que la moyenne et le maximum de l’indice de choix diminuent, aggravant ainsi les premiers constats. Dans des conditions météorologiques extrêmes, le réseau de la Capitale-Nationale manquerait potentiellement d’accessibilité et de connectivité locale, une connectivité surtout problématique dans la direction nord-sud en Haute-Ville et est-ouest en Basse-Ville. D’après les résultats, c’est davantage la mobilité à l’échelle locale (*background network*) qui sera affectée par de nouvelles conditions climatiques, nécessitant des détours et des itinéraires plus longs, plus complexes pour des déplacements pourtant proches spatialement.

5.8 Isolement spatial et changements climatiques

5.8.1 À l’échelle locale

L’indice d’intégration donne une image de l’égalité d’accès au réseau sur l’ensemble du territoire. En simulation du réseau actuel (annexe B), certains secteurs comme Cap-Rouge, Duberger-Les-Saules, le Boulevard Champlain et Boischâtel (annexe A) présentent un éloignement géographique plus prononcé que le reste du territoire métropolitain. Les populations de ces secteurs peuvent-elles être considérées isolées au plan spatial ? Doit-on considérer qu’elles ont une mobilité plus limitée ?

En réseau simulé (annexe C), le profil du réseau reste sensiblement le même dans un contexte où les fortes pentes seraient impraticables, hormis une détérioration notable de l’intégration du secteur de Cap-Rouge. Il n’est pas surprenant que le secteur de la Colline-Parlementaire (Haute-Ville) avec les quartiers de Saint-Jean-Baptiste et le Vieux-Québec, soit la zone la plus touchée. Sa situation géographique historique et topographique – installation sur un promontoire – en fait

un secteur exposé aux variabilités climatiques. Certaines rues résidentielles deviennent très difficilement accessibles (annexe C, en violet)

En périphérie, le secteur de L'Ancienne-Lorette également sur un promontoire, essentiellement résidentiel, est marqué par la plus forte perte d'intégration (-0,42) représentée sur la carte de variabilité d'intégration (annexe D). La carte en annexe D représente la différence de niveau d'intégration d'accessibilité entre le réseau actuel et le réseau simulé, une différence qui, si elle est restreinte ou améliorée, a une influence certaine sur la mobilité des gens (Charalambous & Mavridou, 2012). De plus, ce secteur est proche de la rivière Lorette qui peut être à l'origine d'inondations majeures, comme au printemps 2013. Sur la carte de variabilité, les secteurs de Saint-Augustin, du Bas-Sillery et de la Chute Montmorency sont des zones monofonctionnelles résidentielles exclues du réseau.

5.8.2 À l'échelle métropolitaine

Jusqu'à maintenant, l'analyse ne s'est portée que sur un plan sectoriel. Analyser un réseau, c'est observer un territoire connecté, lié par ses infrastructures routières. Cette analyse amène à voir qu'il existe une forme de « solidarité » entre les différents secteurs d'un même territoire, une interdépendance. La vulnérabilité peut, dans ce contexte, être abordée de façon territoriale et englobante, plutôt que de façon ciblée.

Dans le même sens, D'Ercole and Metzger (2009) abordent la vulnérabilité par la localisation de ce qu'ils identifient comme des *enjeux majeurs*, soit des éléments clés permettant le fonctionnement d'un territoire. Ces enjeux majeurs peuvent se décliner selon (1) qu'ils sont de l'ordre du fonctionnement (*enjeux majeurs de fonctionnement*, i.e. mobilité, administration...), (2) qu'ils permettent le développement (*enjeux de développement*, i.e. éducation, « capitalité »...), ou (3) qu'ils sont nécessaire en période de crise (*enjeux majeurs de crise*, i.e. communications, centres de décision...).

À notre avis, la carte de variabilité d'intégration (annexe D) issue de l'analyse de la configuration du réseau est également un outil intéressant pour aborder le concept de vulnérabilité territoriale. À l'échelle du territoire, le plateau de la Haute-Ville, allant du site historique du Vieux-Québec à la tête des Ponts (annexe E), où se concentrent les activités décisionnelles provinciales et municipales, les hôpitaux, les cégeps et l'université, est un secteur sensible aux perturbations des conditions climatiques. Les boulevards Laurier, René-Lévesque et le chemin Sainte-Foy sont les principaux axes distribuant la circulation sur ce plateau. Ce dernier enregistre des flux de circulation importants avec un maximum de 28 900 véhicules en moyenne par jour sur le boulevard Laurier au niveau du Chemin Saint-Louis⁴². C'est également sur ces axes que le réseau de transport en commun est le plus important dans l'agglomération. Près de 2 500 autobus passent chaque jour sur le boulevard René-Lévesque au niveau du Parc de l'Amérique Française, près de

⁴² Source : Ville de Québec, avril 2010

1 700 autobus entre la rue Nérée-Tremblay et l'avenue du Séminaire sur le chemin Sainte-Foy et près de 2 200 autobus au niveau de la route de l'Église sur le boulevard Laurier⁴³.

Les quartiers Saint-Roch et le Vieux-Limoilou accusent également des perturbations de leur réseau dans notre analyse. Ce sont des quartiers à centralité majeure car possédant les trois catégories d'enjeux territoriaux déclinées par D'Ercole et Metzger (2009). Ce sont autant des services de santé importants (hôpitaux), des centres de commerces, des écoles, des centres de décision et d'intervention à l'échelle locale de la ville, provinciale et fédérale qui sont localisés dans ces quartiers.

Le boulevard Wilfrid-Hamel et les autoroutes Henri-IV et Félix-Leclerc (autoroute 40) sont les principaux axes distribuant les parcs industriels et technologiques de Québec. Une certaine régression de leur intégration est aussi visible, pouvant perturber ce type d'activité qui a besoin d'être connecté aux grands axes de communication et de circulation.

Notons par ailleurs que l'indisponibilité des pentes de 10% et plus a également des effets positifs sur le réseau de la Capitale-Nationale. Le Boulevard Champlain, à l'origine isolé du reste du territoire métropolitain, se voit dans ces nouvelles conditions de circulation gagner en intégration, enregistrant en son maximum une hausse de 0,18.

De manière générale, nous constatons que l'isolement spatial attribuable au réseau routier est amplifié. Les secteurs aujourd'hui considérés isolés le seront encore plus dans des conditions extrêmes, comme les pluies diluviennes, les pluies verglaçantes et les tempêtes hivernales, qui rendraient impraticables les pentes de 10% d'inclinaison et plus. De plus, les espaces d'activités majeures tels que les centres de décision, de communications et de fonctionnement sont les secteurs les plus exposés au stress externe de rupture de ces pentes.

5.9 Conclusion

L'étude du niveau d'isolement spatial par la valorisation des outils de syntaxe spatiale apparaît d'une grande pertinence, tant au plan scientifique que social. En élargissant le recours aux outils d'analyse de la configuration d'un espace à l'analyse du réseau routier en entier en contexte de changements climatiques, l'étude menée sur Québec démontre l'intérêt de ce genre d'outil, tant pour la recherche que pour la pratique de planification urbaine et régionale. En proposant une façon d'appréhender l'isolement spatial, l'étude permet également de mieux comprendre comment fonctionne le réseau et comment il pourrait être renforcé pour être mieux adapté.

Cette recherche a ainsi abordé les impacts potentiels des changements climatiques sur les pratiques de mobilité et l'isolement spatial. L'étude a débuté par la réalisation d'un diagnostic participatif, sollicitant un panel de plus d'une cinquantaine d'acteurs locaux. Ceux-ci ont mis en évidence que les changements climatiques affecteront principalement la dégradation des infrastructures routières, et notamment leur durée de vie utile. Les municipalités et autres

⁴³ Source RTC 2012. Les parcours de la STLévis, n'étant pas disponibles, ne sont pas inclus de ces chiffres.

instances responsables auront ainsi à faire face à ces dégradations accélérées en adaptant leurs plans de gestion et de planification organisationnelle. Les experts consultés ont aussi mis en évidence que, sous certaines conditions climatiques ou météorologiques, le réseau routier peut être localement indisponible, ce qui a pour effet de réduire la mobilité spatiale et d'augmenter l'isolement de certaines populations. Afin d'approfondir ce type d'effet, une analyse systémique du réseau de l'agglomération de Québec en utilisant les outils de syntaxe spatiale mis à disposition par le logiciel libre UCL Depthmap a été réalisée.

La syntaxe spatiale permet d'associer les caractéristiques propres du réseau aux représentations cognitives des personnes dans leur choix d'itinéraire, se rapprochant ainsi au plus près des réalités de circulation. L'indisponibilité du réseau de transport, liée aux changements climatiques, peut résulter de la chute d'arbres ou encore de mobiliers urbains emportés par des vents tempétueux. Elle peut aussi être associée à la combinaison de certaines conditions topographiques, tels des fortes pentes, et d'aléas climatiques comme il a été simulé dans nos travaux. Ces simulations visaient avant tout à initier la réflexion sur l'utilisation d'outils de simulation pour comprendre et anticiper les effets potentiels des changements climatiques sur le réseau routier et, plus largement, sur la mobilité urbaine. Ainsi cette étude exploratoire s'est concentrée sur la simulation d'un réseau de transport où les fortes pentes (supérieures et égales à 10%) ne seraient plus praticables.

L'analyse par syntaxe spatiale révèle que le réseau de Québec présente des niveaux d'accessibilité et de connectivité plus faibles que le réseau d'autres villes Nord-Américaines comparables (comme Denver ou Chicago). À la différence de ces autres villes, Québec voit son réseau traditionnel, celui qui s'est structuré à partir de la grille rurale, fragmenté. Les liens ruraux traditionnels servant encore de liens entre plusieurs quartiers de Chicago, par exemple, se sont dissous à Québec et ils affaiblissent la cohérence du système actuel (voir Dufaux et al., 2013). Ces faibles niveaux d'accessibilité et de connectivité peuvent être considérés comme des vulnérabilités du réseau de Québec. Ils seraient aggravés en contexte de pluies verglaçantes, de pluies diluviennes et de tempêtes hivernales. Dans un contexte d'indisponibilité des fortes pentes du réseau, la mobilité locale serait davantage affectée que la mobilité régionale. Ceci pourrait avoir des répercussions sur les choix d'itinéraires, qui pourraient devenir plus complexes malgré une bonne proximité géographique. Les répercussions pourraient également se faire sentir sur les flux de circulation.

Il apparaît que le niveau d'intégration du réseau de transport de Québec, sa centralité en d'autres termes, est appelée à diminuer de façon généralisée, en contexte de changements climatiques. Cela invite à penser que certains secteurs, pourtant bien intégrés à l'heure actuelle, pourraient se voir exclus au plan spatial. Et les secteurs déjà isolés pourraient l'être encore plus, dans le futur. Ces secteurs isolés, situés essentiellement en périphérie, sont généralement de type monofonctionnel (habitat), ce qui peut être problématique pour l'accès aux ressources lors d'un évènement extrême, telle la crise du verglas subie au Québec en 1998.

L'étude intègre aussi la notion de vulnérabilité territoriale développée par D'Ercole and Metzger (2009). Dans le cas de la région métropolitaine de Québec, les enjeux majeurs de la communauté tels que les hôpitaux, centres de commerce, Cegeps et universités, transports publics, centres de décision et d'intervention sont directement exposés à une perturbation du réseau routier de la

Capitale. L'étude montre que la Haute-Ville peut être qualifiée de lieu stratégique d'intervention et les secteurs des parcs industriels et technologiques comme lieux sensibles à toute perturbation de mobilité.

On observe ainsi que l'impact des changements climatiques sur un réseau de transport (routier) tel que celui de Québec peut être significatif lors d'événements climatiques particuliers : exclusion de certains quartiers du réseau, aggravation de certaines dysfonctionnalités générant de la congestion, diminution de l'accessibilité à certains lieux névralgiques. Pourtant, il n'en reste pas moins que l'engagement des décideurs politiques pour la planification d'une adaptation du réseau de transport permettant de réduire les impacts anticipés des changements climatiques pourrait s'avérer difficile. En effet, bien que sérieux, ces impacts peuvent sembler « tolérables » face à des événements qui n'affecteront les dynamiques urbaines que sur de courtes périodes. Il s'agit dans ce cas de rappeler que si face à un événement unique, la diminution de mobilité et l'isolement sont relativement raisonnables, devant la multiplication annoncée de ces événements climatiques, la qualité ou l'expérience globale de mobilité peut s'avérer insuffisante pour une part importante de la population.

Sur un plan méthodologique, le choix d'une analyse par syntaxe spatiale a été judicieux pouvant associer le domaine du réseau (déplacements) à l'occupation du territoire (activités), deux univers malheureusement trop souvent dissociés. De plus, l'association de l'approche participative et de la syntaxe spatiale s'est aussi avérée concluante pour évaluer l'impact des CC sur les transports et la mobilité des personnes. La contribution de la population et des acteurs du territoire a permis de concrétiser les changements climatiques à l'échelle locale. La syntaxe spatiale s'est avéré un outil novateur, facilement transposable à d'autres cas d'étude, par la gratuité du logiciel et la simplicité de compréhension et d'exécution. Seule la construction du modèle (numérisation du graphe) est exigeante en temps, chose pouvant être problématique pour des municipalités limitées en ressource humaine. Il serait selon nous tout à fait possible d'intégrer à une analyse similaire d'autres types de données, concernant les chutes d'arbres ou les inondations par exemple, que d'autres villes peuvent posséder. Par ailleurs, il serait intéressant de compléter cette analyse en superposant aux résultats l'indice de défavorisation matérielle et sociale (Pampalon et al., 2012; Pampalon, Hamel, Gamache, & Raymond, 2009) et ainsi mieux cibler les populations particulièrement exposées aux risques d'isolement social lors d'événements climatiques particuliers.

Liste des ouvrages cités

Atkison, A., & Hills, J. (1998). *Exclusion, Employment and Opportunity*. London: CASE Paper 4 - Centre for Analysis of Social Exclusion, London School of Economics.

Bafna, S. (2003). Space Syntax: A Brief Introduction to Its Logic and Analytical Techniques. *Environment and Behavior*, 35(1), 17-29. doi: 10.1177/0013916502238863

Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73-80.

- Boutin, M. (2002). *La dialectique spatiale : le cas de Québec, 1960-2002*. (Ph.D.), Université Laval, Québec, Qc.
- Canadian Council of Professional Engineers. (2008). Adapting to Climate Change. Canada's First National Engineering Vulnerability Assessment of Public Infrastructure (pp. 76): Engineers Canada.
- Canoui-Poitaine, F., Cadot, E., & Spira, A. (2006). Excess deaths during the August 2003 heat wave in Paris, France. *Rev Epidemiol Sante Publique*, 54(2), 127-135.
- Charalambous, N., & Mavridou, M. (2012). Space Syntax: Spatial Integration Accessibility and Angular Segment Analysis by Metric Distance (ASAMeD). In A. Hull, C. Silva & L. Bertolini (Eds.), *Accessibility Instruments for Planning Practice* (pp. 57-62): COST Office.
- Chaumont, D., & Brown, R. D. (2010). Analysis of Regional Climate Model Simulations of Transport-related Climate Indices over Southern Quebec. *Routes/Roads*(345), 78-83.
- Church, A., Frost, M., & Sullivan, K. (2000). Transport and social exclusion in London. *Transport Policy*, 7(3), 195-205.
- Cutini, V. (2009). *Accessibility and Exclusion. The Configurational Approach to the Inclusive Design of Urban Spaces*. Paper presented at the Seventh International Space Syntax Symposium, Stockholm.
- D'Ercole, R., & Metzger, P. (2009). La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain. *Cybergeographie : European Journal of Geography*.
- DesJarlais, C., Allard, M., Bélanger, D., Blondlot, A., Bouffard, A., Bourque, Chaumont, D., Gosselin, P., Houle, D., Larrivée, C., Lease, N., Pham, A.T., Roy, R., Savard, J.-P. et Villeneuve, C. (2010). *Savoir s'adapter aux changements climatiques*, Montréal: Les Publications du Québec, 128 pages.
- Desthieux, G., Joerin, F., & Lebreton, M. (2010). Ulysse: a qualitative tool for eliciting mental models of complex systems. *System Dynamics Review*, 26(2), 163-192.
- Ortuzar, J., Armoogum, J., Madre, J.L., Potier, F. (2011). "Continuous Mobility Surveys: The State of Practice", *Transport Reviews*, vol. 1, DOI:10.1080/01441647.2010.510224
- Dufaux, F., Labarthe, M., & Laliberté, M. (2013). The deadlock of technocratic planning: Quebec City's urban form and transportation dilemmas. *The Journal of Space Syntax*, 4(1), 38-73.
- Engineering the Future Alliance. (2011). Infrastructure, Engineering and Climate Change Adaptation - ensuring services in an uncertain future. London: The Royal Academy of Engineering.
- Enström, R., & Netzell, O. (2008). Can Space Syntax Help Us in Understanding the Intraurban Office Rent Pattern? Accessibility and Rents in Downtown Stockholm. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 36(3), 289-305. doi: 10.1007/s11146-007-9054-6
- Fortin, A., & Cournoyer Boutin, O. (2011). L'étalement (péri)urbain et ses paradoxes ou la croissance et la décroissance de secteurs périurbains de Québec. In C. Després, A. Fortin & G. Vachon (Eds.), *La banlieue s'étale* (pp. 139 - 169). Québec: Éditions Nota bene.
- Fortin, A., Villeneuve, M.-H., & Rioux, M. (2011). Jamais sans ma voiture? In C. Després, A. Fortin & G. Vachon (Eds.), *La banlieue s'étale* (pp. 289 - 319). Québec: Éditions Nota bene.
- Genre-Grandpierre, C. (2007). L'accessibilité aux commerces dans l'aire de vie avignonnaise. *Espace populations sociétés*, 2-3.

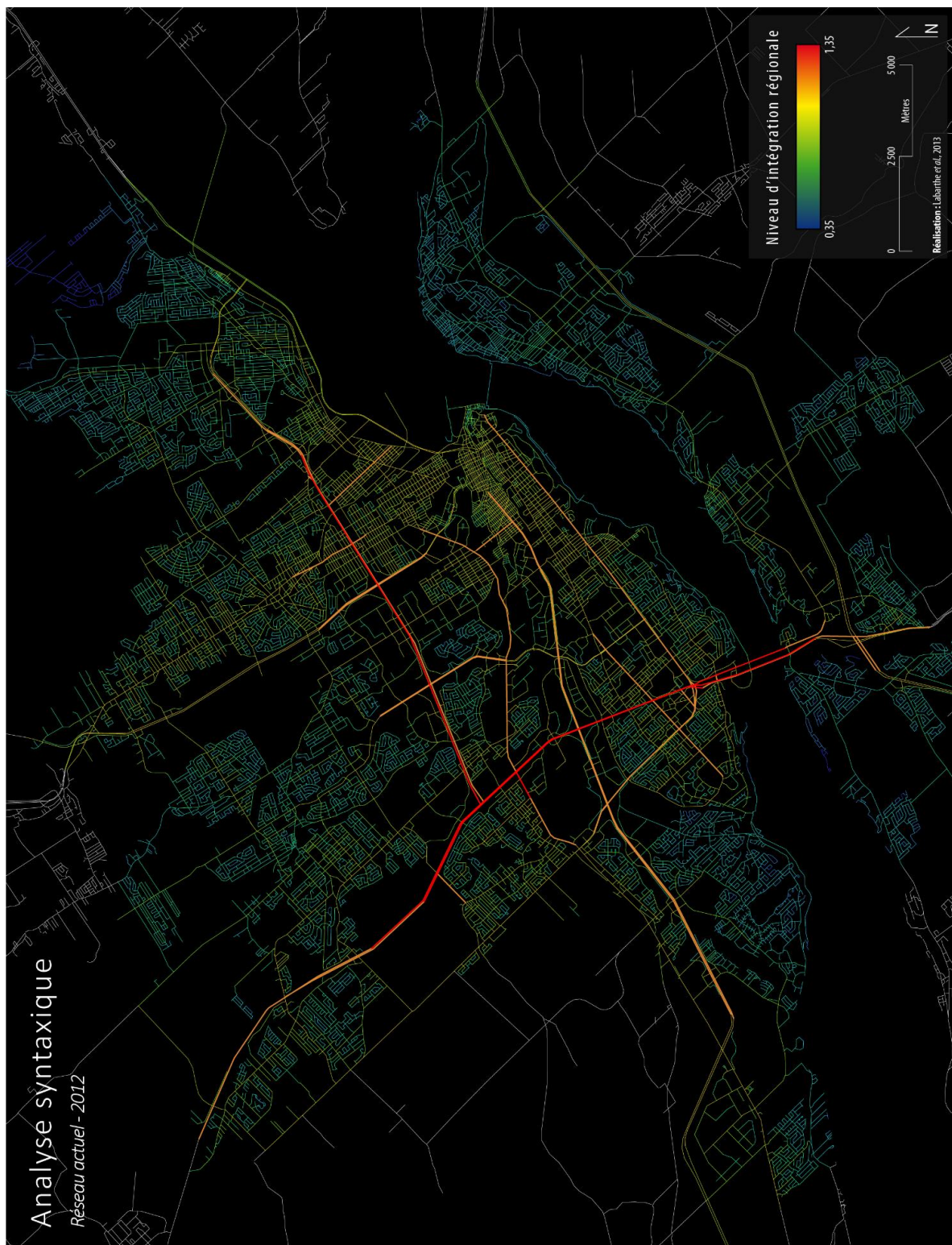
- Golledge, R. G., & Gärling, T. (2003). Spatial Behavior in Transportation Modeling and Planning. In K. G. Goulias (Ed.), *Transportation Systems Planning*: CRC Press.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques. Rapport de synthèse*, Genève, OMM, PNUE, 103 pages.
- Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat GIEC (2009). *Outline of the Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, En ligne: <http://www.ipcc-wg2.gov/AR5/ar5-outline.html>
- Hanson, S., & Schwab, M. (1995). Describing Disaggregate Flows: Individual and Household Activity Patterns. In S. Hanson (Ed.), *The geography of urban transportation* (2 ed., pp. 166-188). New York: Guilford Press.
- Hillier, B. (2007). *Space is the machine. A configurational theory of architecture*: Space Syntax - UCL.
- Hillier, B. (2012). The City as a Socio-technical System: A Spatial Reformulation in the Light of the Levels Problem and the Parallel Problem. In S. M. Arisona, G. Aschwanden, J. Halatsch & P. Wonka (Eds.), *Digital Urban Modeling and Simulation* (Vol. 242, pp. 24-48): Springer Berlin Heidelberg.
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The social logic of space*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hillier, B., & Iida, S. (2005). Network and Psychological Effects in Urban Movement. In A. Cohn & D. Mark (Eds.), *Spatial Information Theory* (Vol. 3693, pp. 475-490): Springer Berlin Heidelberg.
- Hillier, B., & Vaughan, L. (2007). The city as one thing. *Progress in Planning*, 67(3), 205-230. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.progress.2007.03.001>
- Hillier, B., Yang, T., & Turner, A. (2012). Normalising least angle choice in Depthmap and how it opens up new perspectives on the global and local analysis of city space. *The Journal of Space Syntax*, 3(2), 155-193.
- Hine, J. (2009). Transport and Social Exclusion. In K. Editors-in-Chief: Rob & T. Nigel (Eds.), *International Encyclopedia of Human Geography* (pp. 429-434). Oxford: Elsevier.
- Hjorthol, R. (2013). Winter weather – an obstacle to older people's activities? *Journal of Transport Geography*, 28(0), 186-191. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.09.003>
- Kim, Y. O., & Penn, A. (2004). Linking the Spatial Syntax of Cognitive Maps to the Spatial Syntax of the Environment. *Environment and Behavior*, 36(4), 483-504. doi: 10.1177/0013916503261384
- Lemmen, D. S., Warren, F. J., Lacroix, J., & Bush, E. (2008). From Impacts to Adaptation: Canada in a Changing Climate 2007 (pp. 448). Ottawa (Ontario): Government of Canada.
- Lord, S., Després, C., & Ramadier, T. (2011). When mobility makes sense: A qualitative and longitudinal study of the daily mobility of the elderly. *Journal of Environmental Psychology*, 31(1), 52-61. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2010.02.007>
- Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20(0), 105-113. doi: 10.1016/j.tranpol.2012.01.013

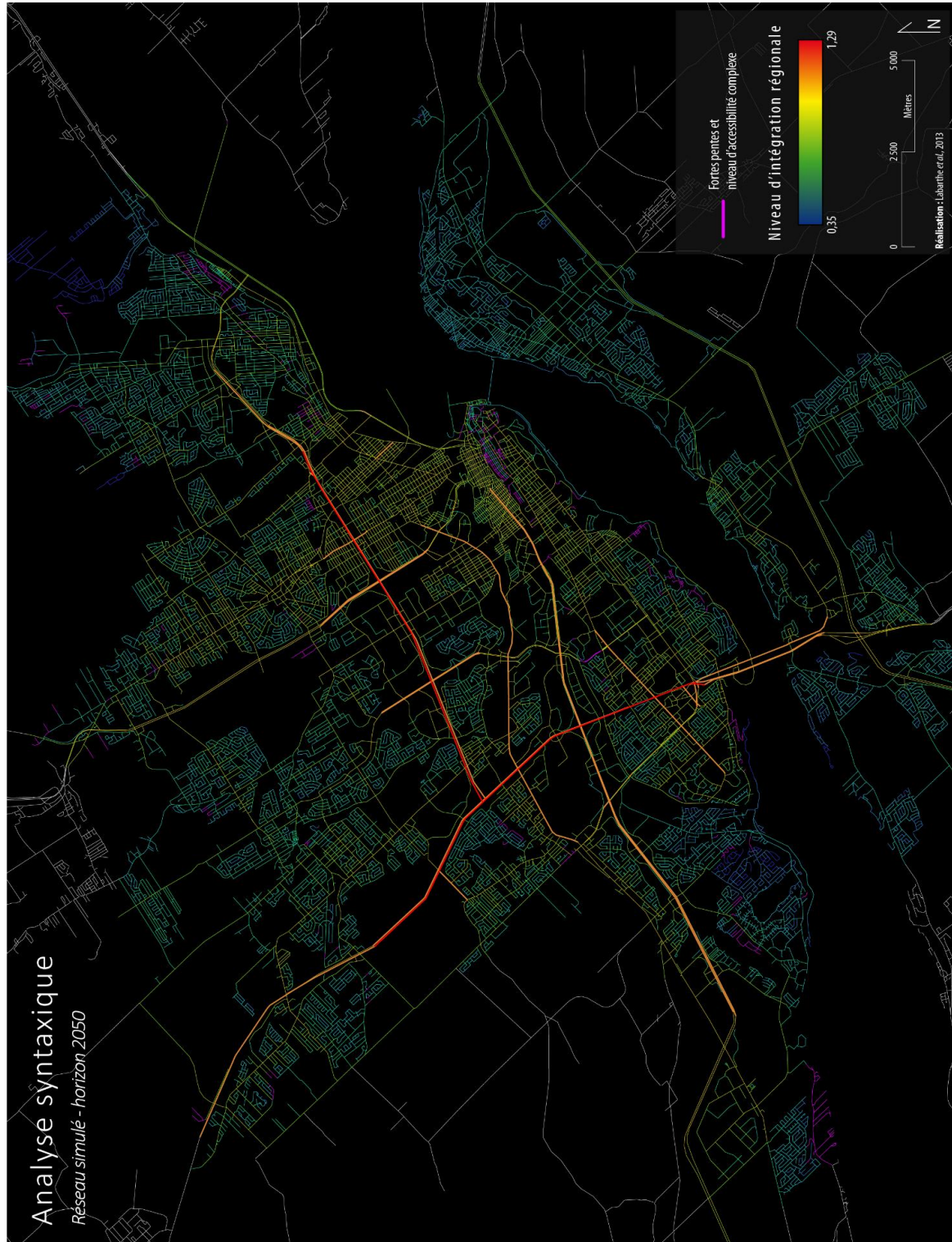
- Mailhot, A., & Duchesne, S. (2010). Design Criteria of Urban Drainage Infrastructures under Climate Change. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(2), 201-208. doi: doi:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000023
- Ministère des transports du Québec. (2008). Enquête Origine - Destination 2006. La mobilité des personnes dans la région de Québec. Fais saillants (pp. 25). Québec: Ministère des transports du Québec.
- Ministère du Développement Durable, de l'environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) (2010). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre et leur progression depuis 1990*. En ligne: <http://www.mddefp.gouv.qc.ca/changements/ges/2010/inventaire1990-2010.pdf>
- Morin, D. (2011). Le développement urbain et le vieillissement démographique de la région métropolitaine de Québec, de 1945 à 2006. In C. Després, A. Fortin & G. Vachon (Eds.), *La banlieue s'étale* (pp. 83 - 137). Québec: Éditions Nota bene.
- Office de l'efficacité énergétique. (2011). Enquête 2009 sur les véhicules au Canada. Rapport sommaire. Ottawa: Ressources naturelles Canada.
- Pampalon, R., Hamel, D., Gamache, P., Philibert, M. D., Raymond, G., & Simpson, A. (2012). Un indice régional de défavorisation matérielle et sociale pour la santé publique au Québec et au Canada. *Revue canadienne de santé publique - Canadian journal of public health*, 103(Supplément 2), S17-S22.
- Pampalon, R., Hamel, D., Gamache, P., & Raymond, G. (2009). A deprivation index for health planning in Canada. *Chronic Diseases in Canada*, 29(4), 178-191.
- Papinski, D., & Scott, D. M. (2013). Route choice efficiency: an investigation of home-to-work trips using GPS data. *Environment and Planning A*, 45(2), 263-275.
- Seamon, D. (1994). "The Life of the Place: A Phenomenological Commentary on Bill Hillier's Theory of Space Syntax", *Nordic Journal of Architectural Research*, vol. 1, p.35-48.
- Stanley, J., Hensher, D. A., Stanley, J., Currie, G., Greene, W. H., & Vella-Brodrick, D. (2011). Social Exclusion and the Value of Mobility. *Journal of Transport Economics and Policy*, 45(2), 197-222.
- Turner, A. (2001). *Angular Analysis*. Paper presented at the Third International Space Syntax Symposium, Atlanta.
- Turner, A. (2007). From axial to road-centre lines: a new representation for space syntax and a new model of route choice for transport network analysis. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34(3), 539-555. doi: 10.1068/b32067
- Vaughan, L., Clark, D.L.C., Sahbaz, O., et Haklay, M. M. (2005). "Space and exclusion: does urban morphology play a part in social deprivation?", *Area*, vol. 37, no 4, p. 402-412.

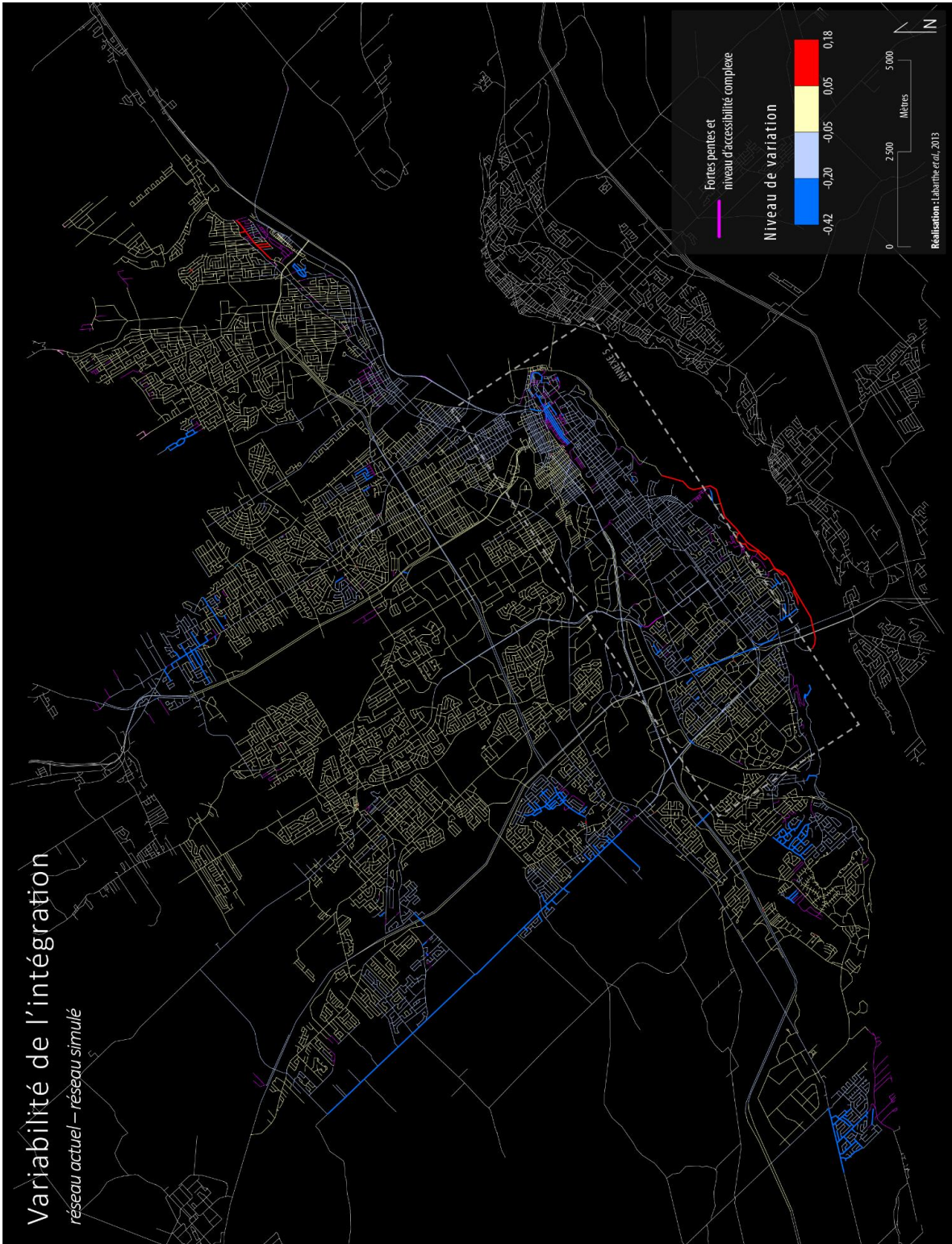
Annexes

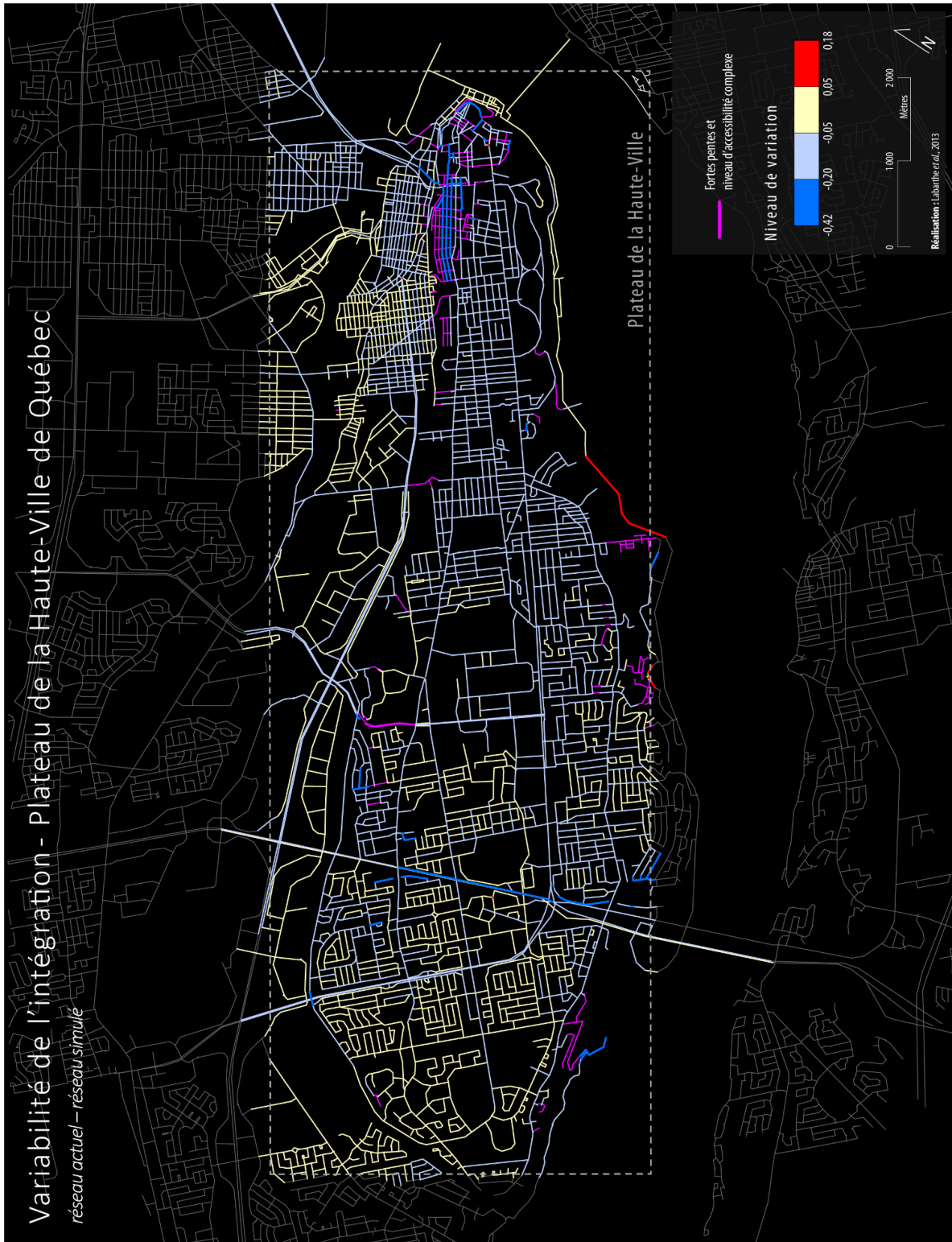
Annexe A : Carte de localisation de la Région métropolitaine de Québec











Chapitre 6 : Vers une architecture et un design urbain adaptés : intégrer les contraintes des changements climatiques au processus de conception

Catherine Dubois¹, Geneviève Cloutier¹, André Potvin¹, Luc Adolphe², & Florent Joerin¹

¹ École d'architecture de l'Université Laval, 1, côte de la Fabrique, Québec, G1R 3V6, Canada.

² ENSA de Toulouse, LRA, 83, rue Aristide Maillol, 31106, Toulouse Cedex, France.

Dans ce chapitre :

- Les professionnels de l'architecture et du design urbain peuvent jouer un rôle déterminant dans la démarche d'adaptation de la ville aux changements climatiques. Cependant, leurs modes de conception et leur façon de travailler, qu'ils acquièrent durant leur formation et qu'ils reproduisent dans la pratique, ne sont pas toujours en phase avec les modes de résolution de problèmes offerts par la littérature et par les outils qui en découlent.
- Plusieurs travaux ont été menés dans le champ de l'architecture et du génie du bâtiment pour favoriser la compréhension des questions climatiques, d'ambiances physiques et de phénomènes comme celui de l'îlot de chaleur urbain. La littérature scientifique sur le sujet est donc abondante et les outils (indicateurs, logiciels, etc.) sont nombreux pour assister la prise en compte des différentes variables dans la conception architecturale et urbaine. Cependant, il semble que les professionnels de l'aménagement, de l'architecture et du design aient une compréhension relative d'un phénomène comme celui des ICU.
- Un outil d'aide à la conception, plus souple et intégrant trois outils distincts (l'affiche des « quatre leviers d'action », des affiches rassemblant neuf indicateurs environnementaux et certains abaques, logiciel et outils de calcul simplifiés existants) pourrait être plus adéquat pour répondre aux besoins des professionnels et les assister dans leur travail. Ce faisant, un tel outil permettrait aux architectes et designers d'occuper le rôle de premier plan qu'ils ont à jouer dans les processus d'adaptation de la ville aux changements climatiques.

Index des figures

Figure 1 : Fiches descriptives des secteurs D et E.	150
Figure 2 : Organisation proposée du volet « connaissances » de l'aide à la conception.	159
Figure 3 : Principe d'une fiche descriptive d'une mesure d'adaptation.	160
Figure 4 : Affiche des 4 leviers d'action.	162
Figure 5 : Projet « Cour urbaine ».	163
Figure 6: Affiche type des indicateurs environnementaux.	164
Figure 7 : Projet "Fraction".	165

Index des tableaux

Tableau 1 : Indicateurs choisis pour évaluer l'impact potentiel de chaque « levier d'action » sur la formation d'un ICU ou la capacité d'un bâtiment à se refroidir passivement.	151
Tableau 2: Hiérarchisations de 13 secteurs types réalisées par 2 équipes de professionnels québécois et 6 équipes d'étudiants-architectes internationaux, comparés aux classements issus des Zones climatiques locales (Local climate zones – LCZ) et des relevés in situ transversaux des températures ambiantes.	152
Tableau 3 : Compilation des indicateurs utilisés dans les projets étudiants.	164

Vers une architecture et un design urbain adaptés : intégrer les contraintes des changements climatiques au processus de conception

Catherine Dubois¹, Geneviève Cloutier¹, André Potvin¹, Luc Adolphe², & Florent Joerin¹

¹ École d'architecture de l'Université Laval, 1, côte de la Fabrique, Québec, G1R 3V6, Canada.

² ENSA de Toulouse, LRA, 83, rue Aristide Maillol, 31106, Toulouse Cedex, France.

Résumé

L'augmentation des températures estivales induites par les changements climatiques est particulièrement préoccupante pour les villes des latitudes tempérées froides. Elle exacerbe, entre autres, le phénomène d'îlot de chaleur urbain. La ville constitue une échelle d'action clé, car des mesures d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques peuvent y être mises en œuvre. Les architectes et les professionnels de l'aménagement occupent une place privilégiée dans la mise en œuvre de certaines de ces mesures. Cependant, leur succès est tributaire de leur compréhension des principaux enjeux, des leviers d'action, des solutions potentielles et de leur capacité à adopter une attitude critique à l'égard des mesures préconisées. Une aide à la conception, destinée aux architectes et aux professionnels de l'aménagement et spécialisée sur la question de l'adaptation du cadre bâti à la chaleur, pourrait augmenter leurs chances de réussite. Les résultats de deux ateliers de travail organisés pour évaluer le niveau des connaissances des étudiants et des professionnels de l'architecture sur l'îlot de chaleur urbain et les principes du refroidissement passif ont révélé une compréhension partielle de ces phénomènes. Une recension d'aides à la conception existantes a pour sa part mis en évidence qu'une aide à la conception leur étant dédiée devait appartenir aux catégories des méthodes orientées « connaissances » et « performance ». Elle a également souligné qu'une telle aide n'existait pas à l'heure actuelle. Une version préliminaire d'une aide à la conception spécialisée sur la question de l'adaptation à la hausse des températures estivales a été testée dans le cadre d'un atelier d'architecture de deuxième cycle. Les résultats, positifs et négatifs, ont permis de préciser les caractéristiques du cahier des charges destiné à renforcer l'intégration de la question de l'adaptation urbaine aux changements climatiques dans la réflexion et la pratique architecturale et urbanistique contemporaine.

Mots clés

Adaptation, îlot de chaleur urbain, refroidissement passif, villes tempérées froides, aide à la conception, architectes, designers urbains.

6.1 Introduction

Le réchauffement climatique pratiquement certain et l'augmentation très probable de la fréquence des vagues de chaleur (GIEC 2007) sont particulièrement préoccupants pour les villes des latitudes tempérées froides. L'augmentation des températures estivales engendre une dégradation de la qualité de l'air (Aubé et al. 2011) et exacerbe le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Ce dernier désigne la différence de température observée entre les milieux urbains plus chauds et les zones périphériques plus fraîches. L'îlot de chaleur urbain a des répercussions sur le confort, la morbidité et la mortalité des franges les plus vulnérables de la population (Auger N. & Kosatsky T. 2002). Advenant une hausse significative des températures estivales, les populations des latitudes tempérées froides seraient d'autant plus affectées parce qu'elles ne sont pas acclimatées à la chaleur excessive (Braga et al. 2001). En outre, les bâtiments de ces latitudes sont généralement conçus pour limiter les déperditions thermiques; ils sont compacts, bien isolés et étanches. Ces caractéristiques leur permettent de se protéger de la chaleur ambiante, mais elles limitent en revanche leur capacité de dissiper tout excès de chaleur par le vent.

La ville constitue une échelle d'action clé pour répondre aux défis posés par le dérèglement climatique, car des mesures d'atténuation et d'adaptation peuvent y être mises en œuvre (Moser & Dilling 2007). Les premières étant généralement des politiques destinées à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et à renforcer les puits (GIEC 2007), elles peuvent être mises en place quel que soit l'endroit, considérant que la majeure partie des émissions de GES est issue des procédés souvent urbains de production et de consommation de combustibles d'origine fossile. Par exemple, les politiques locales favorisant les transports actifs et collectifs et privilégiant la densification du territoire sont des mesures d'atténuation pouvant être appliquées de la même façon dans la plupart des villes. Les mesures d'adaptation, destinées à amoindrir la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux effets des changements climatiques réels ou prévus (GIEC 2007), sont quant à elles beaucoup plus spécifiques au contexte et aux dynamiques locaux. Les solutions les plus adéquates varient en effet beaucoup d'un lieu à l'autre (ONERC 2010) parce qu'elles sont intimement liées à leur contexte géographique, climatique et naturel. Les mesures d'adaptation se présentent sous différentes formes et se distinguent par la gestion de l'incertitude et des aléas qu'elles proposent, les outils qu'elles emploient, leur horizon temporel, les investissements nécessaires, ainsi que par leurs éventuels synergies ou conflits avec d'autres mesures (Hallegatte 2009). Dans le cadre de la lutte au dérèglement climatique, les mesures dites « gagnant-gagnant », des mesures qui ont plusieurs bénéfices, sont particulièrement indiquées. Elles agissent en complémentarité des mesures d'atténuation tout en répondant simultanément à plusieurs risques induits par le dérèglement climatique (Shaw et al. 2007). L'intégration de stratégies bioclimatiques à l'architecture des bâtiments constitue une mesure d'adaptation « gagnant-gagnant » parce qu'elle permet d'une part de réaliser des économies d'énergie, une mesure d'atténuation, et de favoriser l'adaptation du bâti aux conditions climatiques actuelles et futures, une mesure d'adaptation.

Dans ce contexte, les architectes et les professionnels de l'aménagement occupent une place privilégiée dans la mise en œuvre de certaines mesures d'atténuation et d'adaptation au dérèglement climatique (Blanco et al. 2009). Par les décisions qu'ils aident à prendre concernant l'aménagement et le développement de l'espace urbain, ils facilitent la provision de microclimats extérieurs confortables ou au contraire contribuent à la formation de l'îlot de chaleur urbain. Ce dernier est le fruit de

l'interaction entre la forme urbaine, la chaleur anthropique émise par l'industrie, les transports et les bâtiments, les propriétés radiatives et thermiques des matériaux et par la place occupée par le couvert naturel qui englobe les milieux humides et les espaces verts. Parmi ces facteurs, les architectes et les professionnels de l'aménagement disposent selon nous de « quatre leviers d'action » pour agir sur le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Le premier est le choix des matériaux de revêtement urbains. Leur couleur, leur texture, leur albédo et leur capacité thermique jouent sur la part d'énergie solaire réfléchie, réémise et stockée dans le tissu urbain. Le deuxième levier rassemble les interventions sur la forme urbaine. La densité construite, la hauteur des bâtiments et l'orientation des rues par rapport aux vents dominants facilitent ou, au contraire, entravent la dissipation de la chaleur emprisonnée dans le tissu urbain (Gill et al. 2004). Le troisième levier d'action consiste à préserver ou à augmenter le couvert naturel pour rafraîchir l'air ambiant par les phénomènes concomitants d'évaporation, d'évapotranspiration et d'ombrage. Le quatrième levier d'action est l'architecture des bâtiments. La forme, la compacité, l'isolation et l'étanchéité du bâtiment, ainsi que l'orientation et la surface des ouvertures influencent les émissions de chaleur anthropique. De même, ces caractéristiques architecturales déterminent la capacité du bâtiment de créer des espaces confortables sans avoir recours aux systèmes mécaniques et électriques ou de répondre, partiellement ou en totalité, à ses besoins en eau et en énergie. À l'opposé, elles peuvent accroître sa dépendance énergétique ou son exposition à certains aléas climatiques (Roaf et al. 2009). Le concept de la « survivance passive » d'un bâtiment, définissant son aptitude à maintenir les services essentiels lorsque l'approvisionnement en eau, en combustible ou en électricité est interrompu (Wilson, A. 2006), est particulièrement révélateur du rôle pouvant être joué par les architectes dans l'adaptation aux impacts du dérèglement climatique.

Le potentiel du champ de l'aménagement urbain et de l'architecture à faire le pont entre les connaissances scientifiques et les débats sociaux et urbains, à analyser en finesse les vulnérabilités urbaines et à prendre en compte les subtilités du système urbain, à savoir les caractéristiques de ses infrastructures, des usages, des activités, place ces domaines dans une position stratégique pour travailler à l'adaptation locale (Hague 2009; Bedsworth & Hanak 2010; Blanco et al. 2009; Neuvel & van den Brink 2009). La question de l'adaptation des villes aux changements climatiques est à l'intersection de plusieurs disciplines, de diverses échelles, de différents agents, et elle requiert une panoplie d'outils, depuis la modélisation des changements climatiques jusqu'à l'évaluation des vulnérabilités en passant par l'étude des impacts potentiels (Wilson 2006; Williams et al. 2010; Dodman et al. 2012). Pour autant, l'adaptation continue d'être vue par les intervenants de l'aménagement urbain (élus, architectes, urbanistes, etc.) comme un élément à prendre en compte dans le futur. L'attention des politiques publiques se concentre sur la réduction de la consommation d'énergie des ménages en zones urbaines au détriment des questions d'adaptation de la forme urbaine aux effets appréhendés des changements climatiques (Williams et al. 2010). À quoi cette réserve concernant l'adaptation urbaine aux changements climatiques est-elle attribuable? Est-il possible que les professionnels soient moins bien outillés et moins sensibilisés, depuis leur formation jusque dans l'exercice de leur profession, à ces enjeux d'adaptation climatique qui sont somme toute récents? Les professionnels de l'architecture et de l'urbanisme sont appelés à travailler sur la gestion des caractéristiques physiques et environnementales et des risques naturels, de différentes façons et à différentes échelles. Ils sont formés pour anticiper l'impact des éléments (vent, soleil, précipitations, etc.) sur le cadre bâti, mais lorsque vient le temps de concevoir des projets et de mettre en oeuvre des

interventions, comment ces savoirs s’actualisent-ils pour devenir des compétences? La connaissance des « quatre leviers d’action de l’architecture et de l’aménagement urbain » (matériaux urbains, forme urbaine, couvert naturel et architecture) par les étudiants et les professionnels du domaine peut-elle renforcer la capacité d’adaptation des villes et des bâtiments des latitudes tempérées froides à l’augmentation des températures estivales?

Selon nous, une aide à la conception spécialisée sur la question de l’adaptation des villes des latitudes tempérées froides à la hausse des températures estivales pourrait favoriser l’intégration de mesures d’adaptation aux échelles urbaine et architecturale. Les aides à la conception interviennent dans les phases amont de tout projet (programmation, concept, esquisse) lorsque les choix urbains, architecturaux et techniques primordiaux sont opérés et que l’information permettant d’éclairer les choix du concepteur est la plus pauvre (Adolphe 1995). Elles peuvent faciliter la compréhension des concepteurs en leur transmettant des connaissances pluridisciplinaires appropriées, issues de la vulgarisation de savoirs techniques ou scientifiques. Elles peuvent également donner des orientations, indiquer des tendances ou comparer des solutions en fonction de leur performance (Fernandez 2010).

En nous intéressant spécifiquement à la gestion de l’îlot de chaleur urbain et en prenant pour cas d’étude une partie d’une recherche-action multidisciplinaire et participative réalisée dans la métropole de Québec, Canada, (Cloutier & Joerin 2012) nous proposons un cahier des charges⁴⁴ destiné à l’usage des professionnels locaux de l’architecture et du design urbain. Avant d’en présenter les caractéristiques (section 6.4), nous présentons les résultats de deux ateliers conduits (section 6.2) pour évaluer le besoin de former ou non les architectes et les professionnels du bâtiment à l’égard des îlots de chaleur urbains et des principes du refroidissement passif. Puis, nous passons en revue certaines aides à la conception existantes (section 6.3) pour faire ressortir les caractéristiques que nous jugeons essentielles pour qu’une aide à la conception dédiée puisse réellement atteindre l’objectif de limiter l’exposition des villes tempérées froides à la hausse des températures estivales. En conclusion, nous présentons une version préliminaire de l’aide à la conception qui a été testée dans le cadre d’un atelier d’architecture de deuxième cycle. Cet essai nous permet d’évaluer la pertinence d’intégrer au processus de design d’un projet architectural, trois aides à la conception ciblées. Ultimement, il nous permet également de préciser les caractéristiques du cahier des charges destiné à renforcer l’intégration de la question de l’adaptation urbaine aux changements climatiques dans la réflexion et la pratique architecturale et urbanistique contemporaine.

6.2 *Formation et connaissances des architectes et des professionnels de l’aménagement : état des lieux*

La métropole de Québec, Canada, a été choisie pour étudier le besoin de former ou non les étudiants ainsi que les professionnels de l’architecture et de l’aménagement aux enjeux de l’adaptation du cadre bâti à la hausse des températures estivales. Québec est située à la latitude 46°48’ nord et appartient de fait aux régions tempérées froides. Les variations annuelles de températures y sont très importantes. Elles oscillent en moyenne quotidiennement entre -16,8 °C l’hiver (janvier et février) et 24,2 °C l’été (juillet-août), mais peuvent atteindre les températures extrêmes de -36,1 °C l’hiver et de 35,6 °C l’été

⁴⁴ « Book of specifications ».

(Environnement Canada, 2013). Les changements saisonniers de températures projetés à l'horizon 2050 pour cette région prévoient une hausse des températures moyennes variant entre 2,5 °C et 3,8 °C l'hiver et entre 1,9 °C et 3 °C l'été (Desjarlais et al. 2010). Ceux-ci auront notamment pour effet d'exacerber le phénomène d'îlot de chaleur urbain et l'inconfort ressenti l'été dans plusieurs bâtiments. Dans ce contexte, l'adaptation des villes à l'augmentation des températures estivales exige de la part des architectes et des professionnels de l'aménagement en général qu'ils ajustent leurs connaissances et leurs compétences de façon à intervenir sur la forme urbaine et le bâtiment pour améliorer leur capacité à se refroidir passivement l'été sans toutefois diminuer leur capacité à se protéger du froid l'hiver. Qu'en est-il réellement? Plus précisément, quel est degré de compréhension des étudiants et des professionnels de l'aménagement en général du phénomène d'îlot de chaleur urbain? Connaissent-ils les leviers d'action permettant d'atténuer la chaleur dans les milieux urbains ainsi que dans les bâtiments?

Afin de répondre à ces questions et de mieux établir les besoins en formation pour concevoir des quartiers et bâtiments adaptés à la chaleur, deux ateliers de travail réunissant un échantillon de 50 personnes ont été organisés au cours de l'année 2012. Le premier s'est déroulé à Québec, dans les locaux de l'Université Laval. Cinq professionnels de la région de Québec ont accepté d'y prendre part : 1 architecte, 1 architecte-urbaniste, 2 ingénieurs du bâtiment et 1 climatologue urbain. Ce petit nombre s'explique par des contraintes d'ordre temporel et financier inhérentes à l'exercice de la profession au sein d'entreprises privées. Le deuxième atelier a eu lieu à l'école d'architecture « Architectural Association (AA) » de Londres. Dans ce cas, 45 étudiants du deuxième et du troisième cycle en architecture, inscrits dans la concentration « sustainable design », y ont participé. Leur mobilisation a été plus aisée puisqu'elle s'inscrivait dans leur cursus scolaire. Ces étudiants, provenant de 25 pays différents, n'avaient aucune connaissance de la région métropolitaine de Québec.

Les deux ateliers ont démarré par une brève présentation expliquant l'objet de la rencontre, les principaux facteurs influençant la formation d'un îlot de chaleur urbain et le principe des indicateurs environnementaux choisis pour évaluer l'un ou l'autre de ces facteurs. Certains indicateurs environnementaux permettent en effet d'analyser les villes selon des critères d'ordre énergétique, climatique ou environnemental. Leur principal atout est de simplifier une réalité souvent complexe pour en faciliter l'évaluation et la compréhension. Les professionnels québécois et les étudiants internationaux, divisés en équipes, ont par la suite été invités à hiérarchiser 13 secteurs types, représentatifs des principales formes urbaines rencontrées sur le territoire de la région métropolitaine de Québec, selon leur degré d'exposition à la chaleur. Les secteurs les moins susceptibles de générer un îlot de chaleur urbain étaient considérés « faiblement exposés » et à l'opposé, les secteurs leur apparaissant les plus chauds étaient jugés « fortement exposés » à la chaleur.

Pour procéder à cette hiérarchisation, des fiches descriptives de chaque secteur ont été remises aux différentes équipes (Figure 9). Ces dernières comportent plusieurs types d'informations graphiques (photographie, plan-masse, coupe schématique, schémas et élévation) pour dresser le portrait général d'un secteur avec les moyens de communication couramment utilisés par les professionnels de l'architecture et de l'aménagement. Elles exhibent dans leur partie supérieure, sous l'intitulé « forme urbaine », les valeurs des huit indicateurs environnementaux choisis pour évaluer le degré

d'exposition à la chaleur d'un quartier. Ces indicateurs sont : l'emprise au sol des surfaces imperméables, bâties et perméables, le facteur vue du ciel (Stewart 2011), le facteur végétal, la rugosité absolue (Adolphe 2001), la densité bâtie et l'occupation du sol (IAU Île-de-France 2009). La partie inférieure des fiches, intitulée « architecture », est réservée aux six indicateurs choisis pour évaluer la capacité d'un bâtiment typique du quartier de se refroidir passivement. Ces indicateurs sont: le nombre de façades en contact avec l'extérieur, l'année de construction, le coefficient de compacité, les matériaux de revêtement des toitures et des façades (APUR 2007; AUCAME 2010), et la part de zones passives (Ratti et al. 2005).

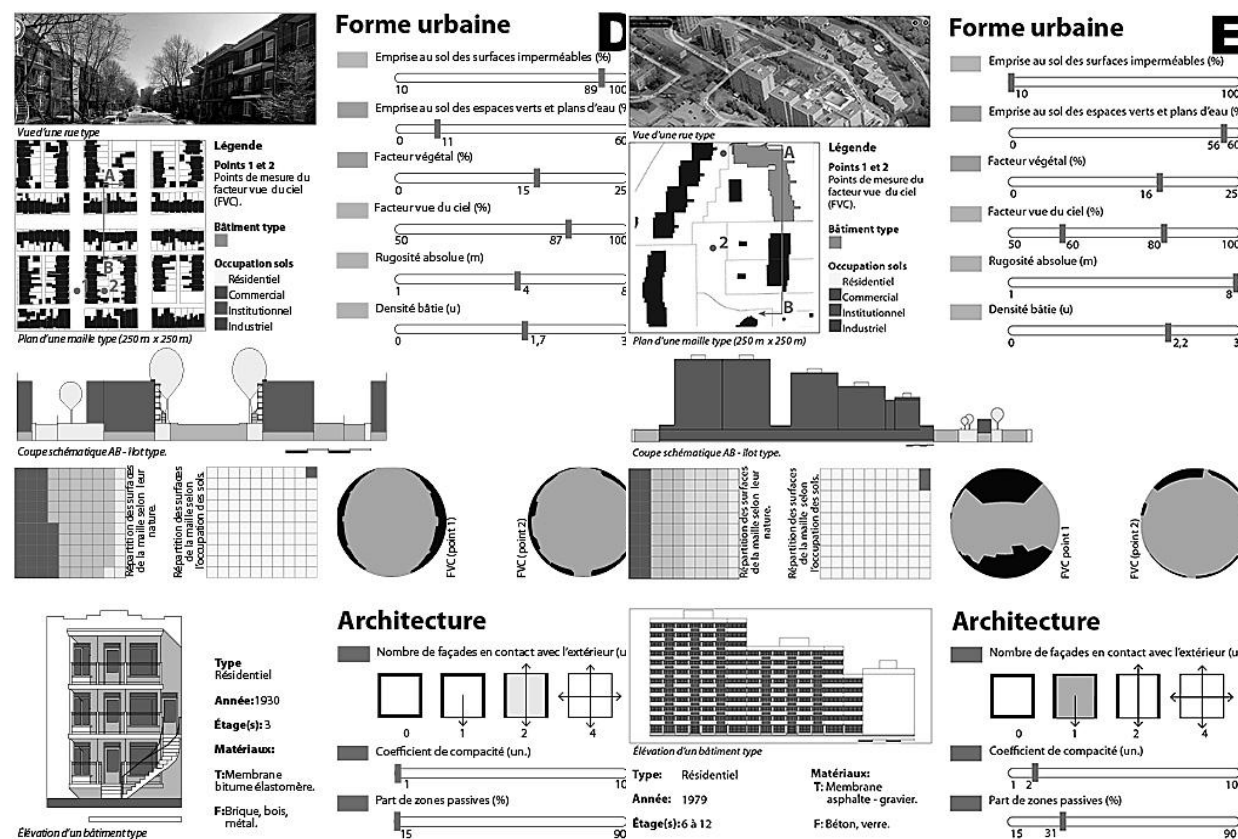


Figure 1 : Fiches descriptives des secteurs D et E.

De notre point de vue, les fiches descriptives constituent un moyen d'évaluer indirectement le degré de compréhension qu'ont les professionnels et les étudiants-architectes du phénomène d'îlot de chaleur urbain. Les valeurs des différents indicateurs ne sont pas isolées les unes par rapport aux autres. Les échelles urbaine et architecturale interagissent. Les informations graphiques introduisent une part de subjectivité. L'appréciation d'un secteur est donc globale, ambiguë, complexe et multifacette à l'image du processus de conception. Le **Tableau** présente les « 4 leviers d'action », leur influence potentielle sur l'ICU ou le refroidissement passif d'un bâtiment et les indicateurs choisis pour en évaluer la capacité.

Tableau 1 : Indicateurs choisis pour évaluer l'impact potentiel de chaque « levier d'action » sur la formation d'un ICU ou la capacité d'un bâtiment à se refroidir passivement.

Indicateurs	Impacts sur l'ICU ou refroidissement passif	Leviers d'action
• Emprise au sol des surfaces bâties (%) • Emprise au sol des surfaces imperméables (%)	• Réflexion, réémission ou stockage de la chaleur du soleil par les matériaux.	Matériaux de revêtement urbains
• Rugosité absolue (m)	• Dissipation de la chaleur par le vent.	Forme urbaine
• Facteur vue du ciel (%) • Densité bâtie (un.)	• Dissipation de la chaleur par rayonnement, • Protection des surfaces du soleil direct.	
• Répartition des surfaces du secteur selon l'occupation des sols (résidentiel, commercial ou institutionnel)	• Émission de chaleur par les transports.	
• Emprise au sol des espaces verts et des milieux humides (%) • Facteur végétal (%)	• Rafraîchissement naturel de l'air ambiant.	Couvert naturel
• Nombre de façades en contact avec l'extérieur (un.) • Coefficient de compacité (un.) • Part de zones passives (%)	• Protection des surfaces du soleil direct, • Dissipation de la chaleur par le vent.	Architecture
• Matériaux de revêtement de la toiture • Matériaux de revêtement des façades	• Réflexion, réémission ou stockage de la chaleur du soleil par les matériaux.	
• Année de construction (un.)	• Émission de chaleur par le bâtiment.	

Les deux premières colonnes du Les deux premières colonnes du tableau 2 montrent les classements réalisés par les deux équipes de professionnels québécois et les colonnes A à F exposent ceux effectués par les six équipes d'étudiants de l'école « Architectural Association (AA) » de Londres. Hormis quelques exceptions, les classements sont relativement homogènes pour les secteurs situés aux extrémités de l'échelle d'exposition à la chaleur (A, B, M et C, J, K). En revanche, ces derniers sont beaucoup plus hétérogènes pour les secteurs situés au centre de l'échelle d'exposition (D, E, F, G, H, I, L).

Tableau 2: Hiérarchisations de 13 secteurs types réalisées par 2 équipes de professionnels québécois et 6 équipes d'étudiants-architectes internationaux, comparés aux classements issus des Zones climatiques locales (Local climate zones – LCZ) et des relevés in situ transversaux des températures ambiantes.

Rang		Local professionals		Étudiants internationaux (AA)					Local Climate Zones*		Relevés T° ambiante <i>In Situ</i>									
		Équipe 1	Équipe 2	A	B	C	D	E	F	No.	Intitulé	°C	Jour Secteurs	°C	Nuit Secteurs					
Degré d'exposition à la chaleur Élevé Faible	SECTEURS HIÉRARCHISÉS	13	a	a	a	a	a	a	a	2	Compact midrise (h).	21,0	a	14,0	b	h	i			
		12	m	b	h	h	b	b	m	b										
		11	b	m	m	e	m	h	g	m	3	Compact lowrise (d, i).	20,5	b	f	i				
		10	h,i	g	b	m	e	i	e	h										
		9	h,i	f	i	i	g	l	b	i	4	Open highrise (e,g).	20,0	g		h				
		8	d	e, h,i	d	b	h	e	d	j										
		7	g	e, h,i	g	g	d	m	h	f	5	Open midrise (l, f).	19,5	l		d	e	g	f	l
		6	l,f	e, h,i	e	f	i	d	f	l										
		5	l,f	l	f	l	f	g	i	c	6	Open lowrise (j, k).								
		4	e	d	l	d	l	f	l	e		19,0	d	e						
		3	c	c	j	j	j	j	k	g	8							Large lowrise (a, b, m).		
		2	j	k	k	k	k	k	c	d		18,5	J		13,0	j				
		1	k	j	c	c	c	c	j	k	9							Sparsely built (c.)		

* Local Climate Zone (Stewart, 2011).

La validation des différents classements repose sur une classification développée pour documenter et mesurer l'intensité des îlots de chaleur urbains, les zones climatiques locales (« Local climate zone (LCZ) », ci-après nommées LCZ) (Stewart 2011). Selon cette classification les zones denses et compactes (LCZ 1, 2 et 3) sont les plus exposées à la chaleur alors que les zones peu denses, caractérisées par un couvert végétal important (LCZ 8, 9 et 10), le sont beaucoup moins (troisième colonne du Tableau 2). Les classes LCZ sont toutefois théoriques et sont limitées dans un contexte urbain réel. Des relevés in situ transversaux de la température ambiante ont donc été réalisés par l'équipe de surveillance du climat du Ministère du Développement durable environnement et parcs du Québec (MDDEP) pour confirmer la pertinence de la première validation. Deux séries de mesures ont été effectuées, la première (jour) pour évaluer les températures maximales quotidiennes (12 h à 15 h) et la deuxième (nuit) pour mesurer la vitesse de refroidissement des secteurs (21 h à 24 h) qui est intimement liée à l'effet d'îlot de chaleur urbain. La quatrième colonne du Tableau 2 expose les températures enregistrées à la mi-journée dans les différents secteurs⁴⁵. Elles varient entre 18,6 °C (J) et 21,2 °C (A). L'ordonnancement résultant est assez similaire aux classements effectués par les professionnels et les étudiants-architectes. Ces derniers comprennent donc le phénomène de la chaleur

⁴⁵ Exceptés les secteurs C, K et M qui n'ont pas été incorporés aux relevés in situ transversaux étant donné des contraintes de temps et de distance (Dubois et al. 2012).

urbaine le jour, mais qu'en est-il la nuit? Leurs classements sont différents des températures enregistrées la nuit lorsque l'intensité de l'îlot de chaleur urbain est la plus élevée (dernière colonne Tableau 2). Les températures nocturnes varient entre 13 °C (J) et 14 °C (B, H et I) et excepté quelques anomalies (A et B), elles correspondent au classement des LCZ développées pour caractériser l'îlot de chaleur urbain. Ces résultats laissent supposer que les étudiants et les professionnels du bâtiment ne comprennent que partiellement les phénomènes régissant la formation d'un îlot de chaleur urbain. En effet, leurs classements sont plus proches des températures mesurées le jour et non la nuit, lorsque l'intensité de l'îlot de chaleur urbain est la plus marquée. Les secteurs étant théoriquement les plus exposés à la chaleur, D, H et I, teinté de noir dans le Tableau 2 ne sont pas au sommet de l'échelle d'exposition, chez les professionnels comme chez les étudiants. Au contraire, ce sont des secteurs faiblement exposés, A, B et M, en gris clair, qui s'y retrouvent. Les secteurs moyennement exposés, E, G, L et F, en gris foncé, se situent pour la plupart au milieu de l'échelle tandis que les secteurs C, J et K, de couleur gris clair et blanc, se retrouvent tout en bas, ce qui est assez proche de la réalité.

La compréhension relative qu'ont les étudiants et les professionnels du design architectural et urbain des îlots de chaleur peut sembler paradoxale dans un contexte où la littérature scientifique spécialisée est abondante et actuelle. Des études à grande échelle ont en effet été conduites à Shanghai (Djen et al. 1994), Glasgow (Emmanuel & Krüger 2012), Thessaloniki en Grèce (Giannaros & Melas 2012), San Juan au Porto Rico (Velazquez-Lozada et al. 2006), en Allemagne (Menberg et al. 2013) et au Québec (Bouffroy, E. et al. 2012; Kestens et al. 2011; Leduc et al. 1980). D'autres études à plus petite échelle abordent l'un ou l'autre des facteurs contribuant à la formation d'un îlot de chaleur urbain, mais de manière très exhaustive. C'est le cas notamment de Bozonnet (2005), Colombert (2008), Givoni (1998) et Oke (1988) qui s'intéressent aux canyons urbains, une simplification de la forme urbaine. Bergeron & Strachan (2010), Rizwan et al. (2008) et Taha (1997) ont élaboré des modèles permettant d'estimer l'influence des émissions de chaleur anthropique de l'industrie, des transports et les bâtiments sur l'intensité d'un ICU. Doulos et al. (2004), Karlessi et al. (2011) et Akbari et al. (2005) travaillent quant à eux sur le développement de « cool materials », de nouveaux matériaux utilisés pour lutter contre les îlots de chaleur urbains. Le rôle déterminant joué par l'eau (Nakayama & Hashimoto 2011; Sun & Chen 2012; Nishimura et al. 1998) et la végétation (Susca et al. 2011; Akbari et al. 2001; Dimoudi & Nikolopoulou 2003) dans la mitigation de l'ICU font également l'objet de nombreuses recherches.

Le frein à l'acquisition de nouvelles connaissances au sujet des îlots de chaleur urbains ne se situe donc pas au niveau de la production scientifique, mais bien au niveau de leur transfert vers les architectes et les professionnels de l'aménagement. Premièrement, la profusion de savoirs spécialisés est déconcertante pour ces généralistes. Deuxièmement, les méthodes, les outils et la terminologie employés par les chercheurs leur sont étrangers. Pourtant, ils sont des « intégrateurs d'informations du plus haut niveau ». Ils ne sont donc pas réfractaires à l'acquisition de nouveaux savoirs, bien au contraire (Augustin & Coleman 2012). Troisièmement, leur manière de résoudre un problème est foncièrement distincte de l'approche scientifique traditionnelle habituée de suivre un processus linéaire de résolution de problème. La conception architecturale et urbaine amène les étudiants et les

professionnels de la conception à composer avec les problèmes « irréductibles »⁴⁶ (Rittel & Webber 1973). À la différence des problèmes « bénins »⁴⁷, qui présentent a priori une définition claire du problème, les problèmes « irréductibles » sont sans précédent, ne peuvent être réglés à partir de modèles et d'outils connus et ils engendrent de plus de nouveaux problèmes au fil de leur résolution. Ils exigent une approche axée sur les potentiels; des décisions doivent être prises, des expériences doivent être conduites, des études pilotes doivent être menées, des prototypes doivent être testés, afin de faire avancer la compréhension du problème et des pistes de solutions (Conklin, J. 2005). Ce faisant, les problèmes « irréductibles » stimulent apprentissage et créativité étant donné le constant besoin de générer et d'intégrer de nouvelles connaissances (Scaletsky, C.C. 2009; Downton 2003; Kwok & Grondzik 2011). Dans ce contexte, nous sommes confrontés à deux façons de comprendre et d'opérer : les chercheurs développent des données toujours plus précises sur les ICU sans qu'elles puissent se transposer en actions concrètes pour les professionnels de la ville et du bâtiment. Comment dès lors faciliter l'intégration des savoirs scientifiques au processus de conception? Cette intégration est essentielle pour renforcer la capacité d'adaptation des villes et des bâtiments des latitudes tempérées froides à la hausse des températures estivales. Une aide à la conception développée spécifiquement pour répondre à cette problématique pourrait faire le pont entre la science et la création.

La prochaine partie présente à cet égard une recension d'outils d'aide à la conception dont disposent actuellement les architectes et les professionnels de l'aménagement pour les accompagner dans le processus de design. Les outils recensés abordent tour à tour la question de l'adaptation aux changements climatiques, les microclimats et les îlots de chaleur urbains et les stratégies architecturales passives. Plus précisément, la recension tentera de répondre aux trois questions suivantes. Les outils répertoriés sont-ils en mesure de transmettre les connaissances requises pour comprendre les phénomènes régissant la formation d'un îlot de chaleur urbain et qui facilitent le refroidissement passif des bâtiments? Sont-ils adaptés au mode de résolution des problèmes irréductibles; une approche axée sur la connaissance des leviers d'action et des solutions potentielles? Intègrent-ils des méthodes permettant d'évaluer la performance des mesures d'adaptation envisagées?

6.3 Recension d'outils d'aide à la conception existants

Il existe plusieurs types d'outils d'aide à la conception pouvant être classés en quatre catégories : les méthodes orientées (i) « références » (ii) « intentions » (iii) « connaissances » et (iv) « performance » (Chaabouni, S. et al. 2009). Les premières aident le concepteur à penser, caractériser et à composer certains effets (lumineux, tectoniques, constructifs, etc.) par la manipulation d'images références photographiques. Les méthodes orientées « références » sont adaptées aux besoins du concepteur au stade de l'esquisse lorsque la définition du projet est encore minime, au moment où les images sont une grande source d'inspiration. Leur approche, axée sur les potentiels, est donc adaptée au mode de résolution des problèmes *irréductibles*. Le prototype d'outil « *MaTerre'iO* », qui renseigne le

⁴⁶ « Wicked problems ».

⁴⁷ « Tame problems ».

concepteur en architecture sur les savoirs liés aux matériaux et sur les connaissances de l'ingénierie environnementale, en est un exemple (Fernandez 2010).

Les méthodes orientées « intentions » n'ont pas pour objectif de transmettre de connaissances précises au sujet d'un phénomène donné. Elles sont d'emblée dirigées vers un résultat final. Elles emploient la simulation inverse pour identifier les solutions susceptibles de satisfaire un effet souhaité par le concepteur. Elles sont donc restreintes à des effets très pointus, étant confrontées à une explosion des dispositifs possibles dès que le nombre de critères à prendre en compte augmente (Chaabouni, S. et al. 2009). Le modèle de simulation inverse de l'éclairage illustre bien ce type de méthode. Il a été développé pour reconstruire les propriétés géométriques et photométriques des ouvertures requises pour concrétiser les ambiances lumineuses souhaitées initialement (Tourre, V. 2007).

Les outils d'aide à la conception orientés « connaissances » sont, comme leur nom l'indique, dédiés à la pédagogie et à l'acquisition de savoirs. Ils prennent généralement la forme de guides dans lequel les informations textuelles et les références visuelles sont importantes. Ces dernières sont utiles en situation de veille conceptuelle, mais ne donnent pas de directives précises sur la manière de les intégrer dans le projet urbain ou architectural. Elles sont plutôt destinées à un public non expert pour supporter un effort de sensibilisation à un enjeu donné. La parution « *Climate change adaptation by design : a guide for sustainable communities* » (Shaw et al. 2007) illustre bien le principe d'un outil orienté « connaissances ». Tout d'abord, l'ensemble des mesures d'adaptation proposées est contextualisé dans un schéma explicatif qui occupe une place dominante par rapport aux informations écrites, très synthétiques. Puis, la faisabilité de certaines mesures d'adaptation est démontrée par le biais d'études de cas nationales et internationales. Cela dit, ces mesures ne sont pas forcément appropriées au climat des latitudes tempérées froides, puisque la parution a été conçue pour le climat océanique anglais. En outre, les mesures d'adaptation sont traitées indépendamment les unes par rapport aux autres et elles ne sont pas hiérarchisées. Or, l'adaptation de la ville à la hausse des températures estivales exige du concepteur une vision globale, une compréhension des interactions entre les différentes mesures, voire une priorisation des actions.

Les documents intitulés « Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains - revue de littérature » (Giguère 2009), « Les îlots de chaleur urbains – Répertoire de fiches connaissances » (IAU Île-de-France 2010) et « Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies » (US EPA 2008) sont tous, comme leur nom le suggère, des méthodes orientées « connaissances ». Dans les trois cas, les causes, impacts ainsi que les différentes mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains sont présentés. Ces dernières sont inspirées de réalisations locales et internationales et couvrent des solutions à apporter en matière d'architecture, de gestion et de conception urbaines (IAU Île-de-France 2010b). Cependant, à l'instar du guide précédent portant sur l'adaptation aux changements climatiques, le spectre couvert par ces documents est vaste et les solutions demeurent très générales. Ces documents s'adressent plutôt aux décideurs et aux responsables de l'aménagement des villes. Le concepteur urbain ou architectural a des besoins plus pointus en termes d'informations (microclimatiques, techniques, réglementaires, financières, etc.) et d'intégration des mesures d'adaptation (synergies, contraintes, compétences pluridisciplinaires, etc.).

Le guide à l'intention des décideurs intitulé « *Urban Climatic Map and Standards for Wind Environment* » (School of Architecture, The Chinese University of Hong Kong 2011) fait aussi partie de la catégorie des outils orientés « connaissances ». Cela dit, son format est particulièrement instructif sur la manière dont les études scientifiques portant sur les microclimats urbains peuvent être traduites en une série de politiques d'aménagement permettant d'orienter les concepteurs intervenant sur le territoire de la mégapole de Hong Kong. Il s'articule autour d'une cartographie des recommandations d'aménagement microclimatiques de la ville. Ces dernières ont pour but d'améliorer le confort thermique des citoyens. Elles poursuivent deux objectifs généraux: (i) réduire la charge thermique des bâtiments et (ii) améliorer la circulation du vent dans le tissu urbain. Ces objectifs sont ensuite transposés en mesures d'aménagement. Les mesures comprennent la préservation ou l'accroissement du couvert végétal, la limitation de l'emprise et de la hauteur des bâtiments, l'augmentation de la perméabilité au vent des nouvelles constructions et la connexion des quartiers aux couloirs de vents subsistants dans la ville. La cartographie des différents microclimats et leur association à des recommandations d'aménagement pouvant être liées aux « quatre leviers d'action » (matériaux, forme urbaine, couvert naturel et architecture) est très intéressante. Les recommandations sont cependant restreintes à quelques options seulement et leur efficacité n'est pas donnée. En outre, le contexte urbain et climatique de la ville de Hong Kong est aux antipodes de la réalité des villes des latitudes tempérées froides et plusieurs mesures d'adaptation proposées n'y seraient pas adéquates.

Malgré leurs inconvénients, les méthodes orientées « connaissances » semblent pertinentes dans le contexte de l'adaptation au dérèglement climatique. Elles pourraient en effet (i) instruire les concepteurs des villes tempérées froides sur les moyens permettant de limiter la formation d'un îlot de chaleur urbain et de favoriser le refroidissement passif des bâtiments, (ii) transposer les savoirs scientifiques aux « 4 leviers d'action » et (iii) exposer les solutions potentielles. En contrepartie, ces méthodes ne permettent pas au concepteur d'évaluer l'efficacité d'une mesure d'adaptation par rapport à une autre, un facteur généralement important dans le processus décisionnel. Seule la dernière catégorie d'aides à la conception, les méthodes orientées « performance », le permet.

Les méthodes orientées « performance » ont pour rôle d'analyser la performance des solutions préconisées par le concepteur à partir d'indicateurs quantifiables. Elles rassemblent notamment les outils de simulations physiques complexes et les mesures *in situ*. Les logiciels « ENVI-Met 3 » (Bruse, M. 2010), « Integrated Environmental Solutions (IES) © » et « Screening Tool for Estate Environment Evaluation (STEVE) » (Wong et al. 2011) font partie de cette catégorie. La manipulation de ces outils et instruments de mesure requiert un projet assez défini, beaucoup de temps et des utilisateurs experts pour la maîtrise, l'intégration et le traitement des données. Le logiciel « ENVI-Met 3 » (Bruse, M. 2010) illustre bien les contraintes liées à l'emploi d'un outil orienté « performance » pour le concepteur. Il s'agit d'un modèle microclimatique 3D conçu pour simuler les interactions surfaces-végétation-air à une résolution allant jusqu'à 0,5 m dans l'espace et à 10 secondes dans le temps. Le modèle comprend la simulation des flux d'air et des températures ambiantes autour des bâtiments, l'évapotranspiration des plantes, les turbulences, certains indices de bioclimatologie et la dispersion des polluants atmosphériques. « ENVI-Met » est un outil précis. L'exactitude des résultats a été validée par de nombreuses études conduites à travers le monde (Francisco R. C. A. et al. 2012; Fröhlich D. & Matzarakis A. 2012; Huttner, S. et al. 2008). Il

constitue également un bon outil de communication des résultats, car les cartes, coupes et axonométries produites sont très éloquentes. Seulement, le logiciel est surtout utilisé par des chercheurs et des professionnels experts de la climatologie urbaine parce que la terminologie et les variables physiques employées sont étrangères aux professionnels de l'architecture et de l'aménagement. Aussi, contrairement aux méthodes orientées « connaissances », le logiciel ne donne aucune explication des phénomènes étudiés. Il exige de surcroît l'entrée de données spécialisées qui ne sont pas à la portée des concepteurs. De plus, la complexité et la résolution du modèle nécessitent de longs temps de calcul (Fröhlich D. & Matzarakis A. 2012; Francisco R. C. A. et al. 2012). Conséquemment, le nombre d'hypothèses de design pouvant être testées est passablement restreint; cela n'est pas souhaitable dans les phases initiales de la conception. En contrepartie « ENVI-Met », tout comme d'autres logiciels orientés « performance », est valable dans les phases ultérieures du projet en tant que moyen de vérification et d'aide rationnelle à la décision (Chaabouni, S. et al. 2009).

Les méthodes orientées « performance » ne sont pas forcément liées à un support informatique. Les outils de calculs simplifiés comme les indicateurs environnementaux, les règles empiriques et les abaques permettent aussi d'évaluer certaines hypothèses de design. Tel que vu précédemment, les « local climate zone » (LCZ) (Stewart 2011), une classification développée pour documenter et mesurer les îlots de chaleur urbains, emploie une série d'indicateurs liés à la morphologie urbaine et à la couverture du sol pour définir 17 classes distinctes. Ces dernières sont associées à des températures de surfaces spécifiques sous des conditions de ciel calme et dégagé (Stewart & Oke 2010). Les LCZ sont universelles. Elles représentent les principales formes urbaines et paysages susceptibles d'être rencontrés dans les villes du monde. De plus, la majorité des indicateurs requis pour définir chaque classe ne requiert pas de calculs complexes ni de données spécialisées. Les LCZ demeurent donc à la portée des professionnels de l'architecture et de l'aménagement. En revanche, les indicateurs nécessitent un projet suffisamment défini afin de pouvoir les calculer. Cela n'est généralement pas le cas dans les phases amont de la conception sauf si le projet s'inscrit dans un quartier existant. Dans ce contexte, les indicateurs jouent plutôt le rôle d'outil diagnostique. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'ils ont été utilisés dans le cadre de l'atelier de travail présenté précédemment.

Malgré leur relative complexité, les méthodes orientées « performance » apparaissent nécessaires pour supporter les architectes et les professionnels de l'aménagement dans la création de quartiers et de bâtiments adaptés à une hausse des températures estivales. En leur permettant de comparer et d'évaluer l'efficacité d'une mesure d'adaptation par rapport à une autre, elles favorisent le développement de meilleurs projets urbains et architecturaux. Les méthodes orientées « performance » doivent cependant demeurer simples et accessibles afin d'être utilisées dans les phases amonts de la conception. Elles doivent également stimuler l'autonomie et la créativité du concepteur en lui offrant plusieurs possibilités, une approche axée sur les potentiels. À cet égard, les outils de calculs simplifiés comme les indicateurs environnementaux, les règles empiriques et les abaques semblent plus appropriés que les logiciels de simulations physiques complexes, bien que leur degré de précision soit bien inférieur.

Les outils de calculs simplifiés n'ont cependant pas la capacité de transmettre les savoirs dont les concepteurs ont besoin pour comprendre le phénomène d'îlot de chaleur urbain, apprendre les stratégies favorisant le refroidissement passif des bâtiments et proposer les mesures d'adaptation

adéquates en fonction des leviers d'action disponibles. Pour cette raison, il apparaît nécessaire qu'une aide à la conception spécialisée sur la question de l'adaptation des villes des latitudes tempérées froides appartienne à la fois aux catégories « connaissances » et « performance ». Le manuel « Sun Wind & Light - Architectural Design Strategies » (Brown & DeKay 2000) est un exemple d'aide à la conception hybride. Ce dernier, conçu pour faire le pont entre les sciences du bâtiment et le design architectural, contient une part appréciable d'informations utiles au concepteur et plusieurs méthodes simplifiées pour évaluer sommairement la performance des solutions projetées. La multiplication des méthodes de calcul a cependant pour conséquence de produire un manuel comportant plus de trois cents pages. Le nombre d'hypothèses de design pouvant être vérifiées est donc réduit étant donné le temps requis pour identifier la méthode appropriée. Un format plus concis, présentant uniquement les principales méthodes de validation, serait sans doute plus utile dans les phases amont de la conception. De plus, « Sun Wind & Light » n'aborde pas la question de l'adaptation au dérèglement climatique ni celle de l'atténuation des îlots de chaleur urbains.

Cette recension d'une part met en évidence qu'il n'existe pas à l'heure actuelle d'outil d'aide à la conception architecturale et urbaine dédié à l'adaptation des villes des latitudes tempérées froides à la hausse des températures estivales. D'autre part, elle établit que cet outil devait être hybride en réunissant les avantages offerts par les méthodes orientées « connaissances » et « performance ». Le volet « connaissances » permettrait dans un premier temps d'instruire les professionnels de l'architecture et de l'aménagement sur la problématique de l'augmentation des températures estivales pour les villes des latitudes tempérées froides. La définition, les causes et les impacts de l'îlot de chaleur urbain leur seraient transmis par le biais d'explications synthétiques et vulgarisées. Les moyens de lutter contre les changements climatiques seraient aussi exposés, la distinction entre l'atténuation et l'adaptation clairement faite. Dans un deuxième temps, l'opérationnalisation de ces connaissances, issues pour la majeure partie de recherches scientifiques pluridisciplinaires, reposerait sur leur traduction en des termes compréhensibles par les professionnels. À cet égard, les « quatre leviers d'action de l'architecture et de l'aménagement urbain pour limiter l'exposition des villes et des bâtiments à la hausse des températures estivales » seraient la pierre d'assise de l'outil d'aide à la conception.

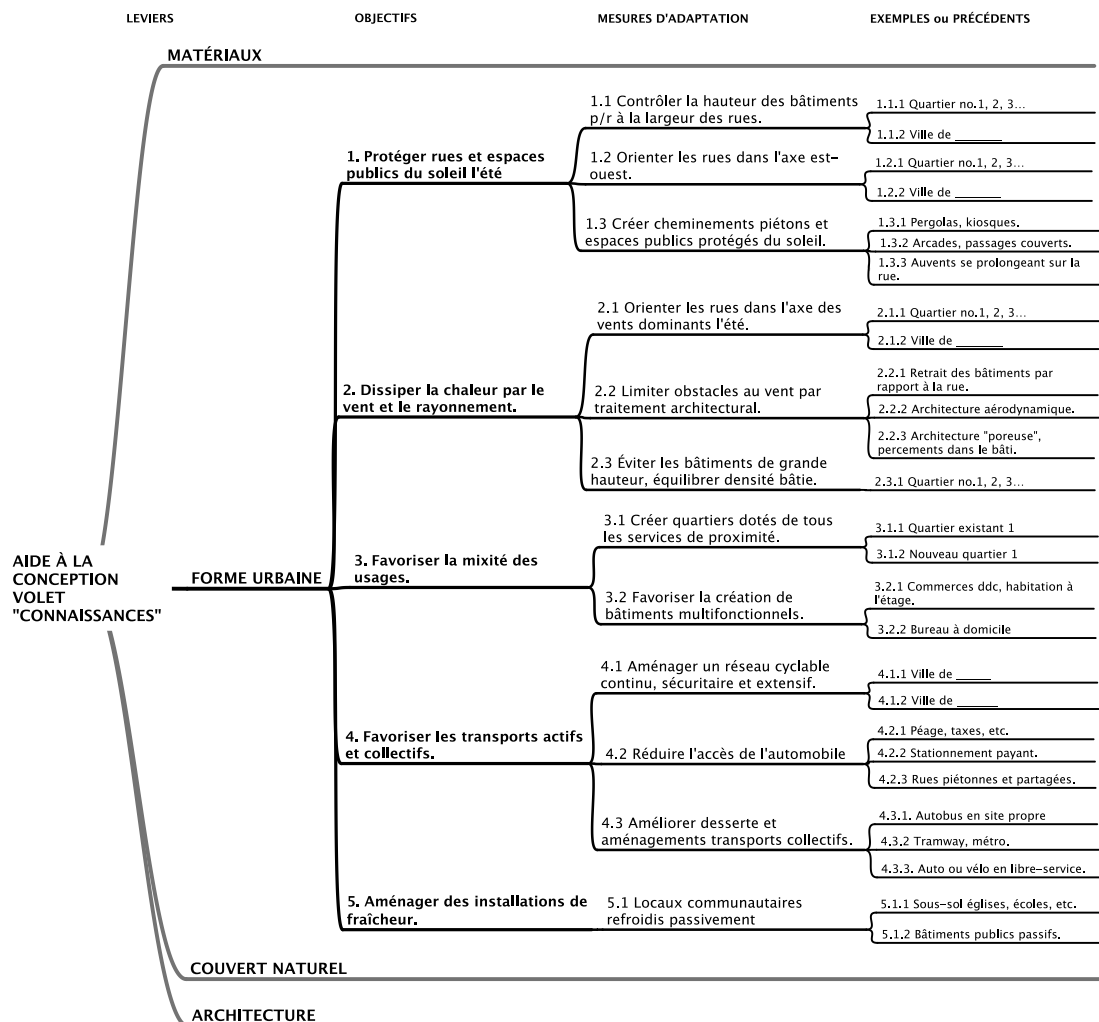


Figure 2 : Organisation proposée du volet « connaissances » de l'aide à la conception.

À chaque levier d'action (matériaux, forme urbaine, couvert naturel et architecture) correspondrait une série d'objectifs permettant soit d'atténuer l'effet d'îlot de chaleur urbain ou de favoriser le refroidissement passif des bâtiments (Figure 2). Ces objectifs seraient associés à des mesures d'adaptation « gagnant-gagnant » permettant de les atteindre. Des exemples concrets ou des précédents appropriés au contexte urbain et climatique des latitudes tempérées froides accompagneraient chaque mesure d'adaptation pour faciliter leur intégration au processus de conception. Pour mieux illustrer l'organisation proposée pour le contenu du volet « connaissances » de l'outil, la figure 2 présente en guise d'exemple l'emboîtement des objectifs, des mesures d'adaptation, des exemples ou des précédents du levier d'action « forme urbaine ». En vue de diminuer l'effet d'îlot de chaleur urbain, le premier objectif à poursuivre est de protéger les rues et espaces publics de l'ensoleillement direct l'été. Pour atteindre cet objectif, trois mesures d'adaptation sont proposées (i) contrôler la hauteur des bâtiments p/r à la largeur des rues, (ii) orienter les rues dans l'axe est-ouest et (iii) aménager des cheminements piétons ou des espaces publics protégés du

soleil. Cette dernière mesure peut être concrétisée par (i) l'ajout de pergolas et de kiosques, (ii) l'intégration d'arcades et de passages couverts aux bâtiments et (iii) le prolongement d'auvents au-dessus de l'espace public.

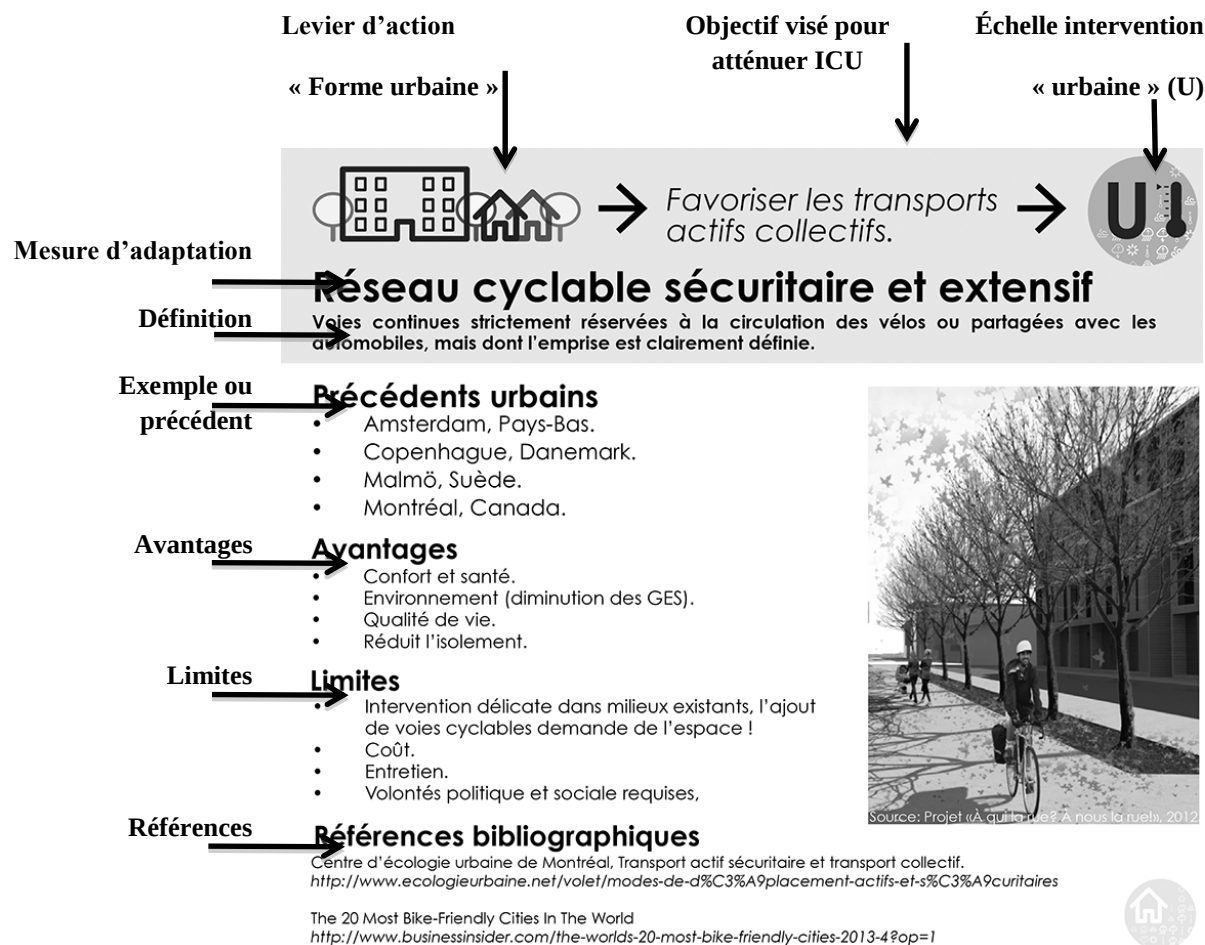


Figure 3 : Principe d'une fiche descriptive d'une mesure d'adaptation.

Pour compléter le volet « connaissances » chaque mesure d'adaptation, clairement définie, serait accompagnée d'informations complémentaires réunies au sein d'une fiche dédiée pour favoriser une prise de décision éclairée de la part des professionnels de la ville et du bâtiment (Figure 3). Ces informations comprendraient notamment l'échelle d'intervention, les principaux avantages et limites et des références bibliographiques additionnelles. Les avantages sont par exemple l'amélioration du confort, de la santé, de la biodiversité et de la qualité de vie, la diminution des GES ou l'abordabilité. Les difficultés techniques, les barrières réglementaires, les coûts élevés, la responsabilité professionnelle ou la délicate coordination multiacteurs et multiniveaux constituent en revanche des limites à la mise en oeuvre d'une mesure d'adaptation. Les références bibliographiques

additionnelles, non essentielles à la prise de décision, offriraient le choix aux concepteurs d'approfondir leurs connaissances s'ils en ressentaient le besoin.

Le volet « performance » de l'outil d'aide à la conception serait complémentaire et postérieur au volet « connaissances ». Son rôle consisterait à proposer des moyens permettant au concepteur de valider les mesures d'adaptation envisagées dans un premier temps. Cette validation permet de structurer et d'organiser les problèmes « irréductibles » en adoptant un cadre de travail qui oriente le processus de conception autour d'une problématique définie, d'objectifs clairs et de moyens pour en évaluer l'efficacité (Augustin & Coleman 2012). Le volet « performance » devrait donc permettre au concepteur de choisir les meilleures solutions d'adaptation au profit de projets urbains ou architecturaux bonifiés. Cela dit, ces moyens de validation doivent demeurer simples et concis afin que les concepteurs puissent rapidement tester une solution d'adaptation dans les phases amont de la conception alors que le projet est toujours schématique. Dans cette situation, le calcul de certains indicateurs environnementaux apparaît approprié. Ces derniers seraient choisis en fonction de leur aptitude à évaluer le degré d'exposition à la chaleur d'un quartier ou la capacité d'un bâtiment à se refroidir naturellement. Un souci particulier devrait être apporté au choix des termes de façon à garantir leur compréhension par les professionnels de l'architecture et de l'aménagement. De même, les calculs et les données requises pour les réaliser devraient leur être facilement accessibles. Le besoin de tester rapidement des hypothèses de design pourrait aussi être satisfait par l'identification de règles empiriques ou d'abaques existantes réunies dans une aide à la conception complémentaire telle que « Sun Wind & Light » (Brown & DeKay 2000). Parmi toutes les mesures proposées dans ce volume, seules les mesures permettant de valider les mesures d'adaptation liées à l'un ou l'autre des « 4 leviers d'action » seraient conservées. Cette réorganisation des outils existants devrait favoriser leur appropriation par les concepteurs qui, de leur côté, seront mieux pourvus pour mettre en oeuvre des mesures supportant l'adaptation du cadre bâti à la hausse des températures estivales.

6.4 *Essai d'application dans un contexte pédagogique*

La pertinence d'intégrer les « quatre leviers d'action », les indicateurs environnementaux et certains outils d'aide à la conception orientés « performance » a été testée dans le cadre d'un atelier d'architecture de deuxième cycle. Sous notre supervision, quatorze étudiants, répartis en équipes de deux personnes, ont été invités à créer des ensembles résidentiels innovants adaptés à l'augmentation des températures estivales dans la ville de Québec. L'exercice s'est échelonné sur 15 semaines. La formule atelier est optimale pour encadrer l'apprentissage des étudiants et développer leur capacité à concrétiser les idées. Il est aussi propice au développement de leur autonomie ; les étudiants n'ont jamais une compréhension totale de la problématique du projet, peu de règles sur la manière de procéder leur sont transmises et ils ne peuvent jamais prétendre que les solutions intégrées au projet constituent une « bonne réponse » (Burry 2012). Il leur faut donc prendre continuellement des risques, formaliser leurs idées, mettre à jour leurs connaissances et prioriser les enjeux du projet à la lumière de leurs convictions (Bachman, L. 2012).

Les séances d'atelier étaient accompagnées de séminaires hebdomadaires concomitants pour mieux encadrer l'apprentissage des étudiants. Les exposés magistraux, toujours sous notre supervision, ont ainsi mis en évidence les principaux enjeux de design liés à l'adaptation du cadre bâti à la hausse des températures estivales; notamment par la mitigation des îlots de chaleur urbains et par le

refroidissement passif des bâtiments. Ces exposés ont aussi introduit aux étudiants des outils existants leur permettant d'évaluer la performance de solutions architecturales préconisées. Les étudiants étaient libres de choisir les outils les plus aptes à valider leurs hypothèses de design, mais ils devaient obligatoirement en faire usage pour réussir les trois travaux pratiques du séminaire.

Leviers d'action de l'architecture et de l'aménagement urbain pour limiter l'exposition des villes et des bâtiments à la hausse des températures estivales

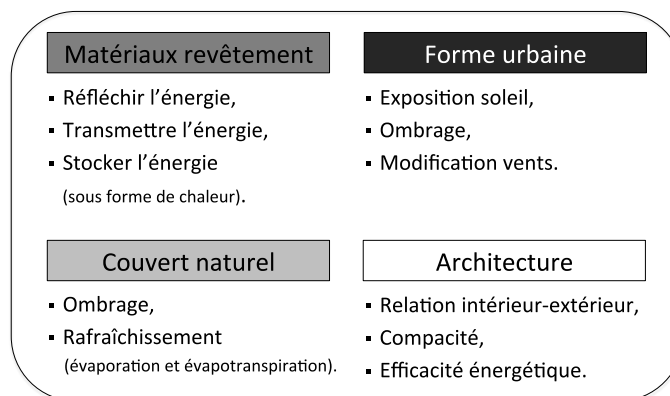


Figure 4 : Affiche des 4 leviers d'action.

L'évaluation de la pertinence des aides à la conception ciblées pour l'atelier repose sur l'analyse des sept projets réalisés au terme du semestre. Elle a pour but de déterminer si ces outils ont été utiles aux étudiants dans leur processus de conception. La première méthode orientée « connaissances » mise à l'essai est l'affiche des *quatre leviers d'action de l'architecture et de l'aménagement urbain pour limiter l'exposition des villes et des bâtiments à la hausse des températures estivales* (Figure 4). Celle-ci, exposée en permanence dans l'atelier, jouait le rôle d'un aide-mémoire rappelant aux étudiants les différentes échelles d'intervention ainsi que les principaux éléments à considérer pour chaque levier d'action. Ceux-ci étaient exprimés sous la forme de verbes d'action ou de mots clés. L'affiche des *4 leviers d'action* constituait donc une feuille de route et non un itinéraire (Bachman, L. 2012) pour ne pas restreindre la créativité des étudiants. Ils avaient la latitude de choisir si l'adaptation du cadre bâti à la hausse des températures estivales passait par la manipulation de la forme urbaine, de l'architecture, des matériaux de revêtement ou du couvert naturel. L'exploration de ces possibilités devait favoriser leur autonomie tout en leur donnant les balises nécessaires à l'encadrement de leur apprentissage. La recherche d'un équilibre entre la totale liberté du concepteur et son accompagnement dans le processus de conception est typique de la réalisation d'outils d'aide à la conception « confrontée à la difficulté d'un arbitrage entre rigidifier, codifier, systématiser les connaissances tout en laissant la créativité se faire » (Bonneaud et al. 2004).

L'analyse a révélé que l'ensemble des projets de l'atelier avait intégré les « 4 leviers d'action » de manière explicite. Toutefois, rappelons que le contexte de l'atelier a ceci de particulier que les rencontres individuelles hebdomadaires entre les étudiants et nous ont permis de leur rappeler régulièrement les possibilités offertes par la manipulation des leviers d'action. Les résultats auraient peut-être été différents si les étudiants avaient seulement eu accès à l'affiche. Le projet « Cour

urbaine » est particulièrement éloquent sur la manière dont les « 4 leviers d'action » s'imbriquent pour supporter une stratégie globale de refroidissement passif (Figure 5). Les auteures ont en effet conçu un logement limitant les gains solaires par le biais de dispositifs architecturaux (volets persiennes) et par le choix de matériaux (vitrage double, isolant). Elles ont également favorisé la ventilation naturelle transversale par les choix effectués au niveau des formes urbaine et architecturale. Enfin, elles ont contribué au rafraîchissement de la température de l'air ambiant par la disposition d'espaces verts en pied de façade et sur la toiture.

ÉTUDE D'UN LOGEMENT – DÉTAIL – FAÇADE SUD

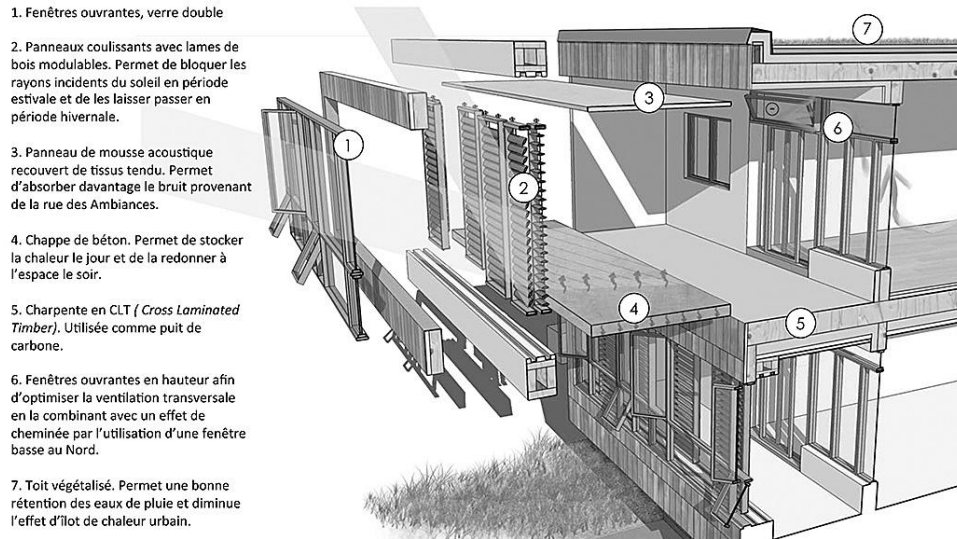


Figure 5 : Projet « Cour urbaine ».

Auteures : Andrée-Anne Lemieux et Vanessa Vallée.

La deuxième aide à la conception éprouvée dans le cadre de l'atelier est un ensemble d'indicateurs environnementaux choisis pour évaluer le degré d'exposition à la chaleur d'un bout de ville et le potentiel passif de projets architecturaux. Ceux-ci ont été rassemblés au sein d'affiches (Figure 6), elles aussi exposées en permanence dans l'atelier. Ces dernières constituent des aides à la conception hybrides, car elles expliquent aux étudiants l'utilité des indicateurs (1), la manière de les calculer (2) et dans certains cas, la façon de les représenter graphiquement (3). La plupart des indicateurs proposés sont identiques à ceux des fiches descriptives vues précédemment. Cependant, les indicateurs jugés trop complexes ou non appropriés aux phases amont de la conception (facteur vue du ciel, rugosité absolue, année de construction, revêtement des façades et des toitures) ont été éliminés. Un seul indicateur a été ajouté pour tenir compte de la nature résidentielle du projet d'architecture (densité nette de logements). Les étudiants ont donc pu recourir à 9 indicateurs environnementaux pour documenter leur projet.

L'analyse a révélé que les indicateurs environnementaux, bien qu'ils aient prouvé leur pertinence pour diagnostiquer le degré d'exposition à la chaleur d'un quartier, paraissent moins appropriés dans les phases initiales de la conception lorsque le projet n'est pas réellement formalisé. Leur calcul exige

des contours définis, statiques, alors que les phases amont de la conception suivent au contraire un processus dynamique.

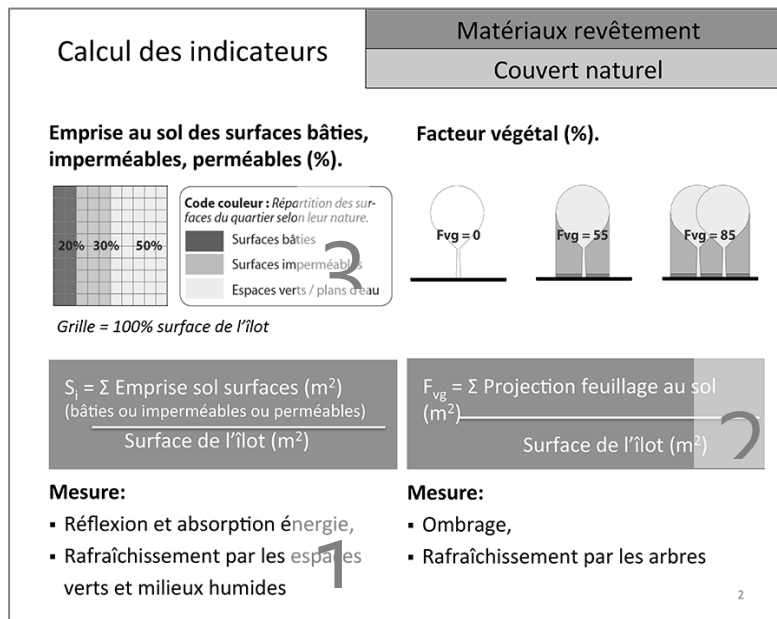


Figure 6: Affiche type des indicateurs environnementaux.

De fait, seuls les indicateurs les plus simples (densité nette de logements, facteur végétal) ou pouvant être représentés graphiquement (emprise au sol des surfaces bâties, imperméables, des espaces verts et des milieux humides et la répartition des surfaces du secteur selon l'occupation des sols) ont été intégrés aux présentations de plus de la moitié des équipes (Tableau 3). Par ailleurs, ces chiffres auraient sans doute été inférieurs si la responsable de l'atelier n'avait pas incité les équipes à calculer ces indicateurs pour leur présentation finale. Dans ces conditions, les indicateurs ont permis de dresser le bilan des projets à la toute fin du processus de conception, mais n'ont pas été calculés pendant le développement des projets. Ceci appuie l'hypothèse de leur utilité en phase de diagnostic. Il est aussi possible que leur calcul soit trop éloigné des outils couramment manipulés par les étudiants en architecture, les outils de conception assistée par ordinateur (CAO), et que ceux-ci aient éprouvé des difficultés à se les approprier.

Tableau 3 : Compilation des indicateurs utilisés dans les projets étudiants.

INDICATEURS PRÉSENTÉS AUX ÉTUDIANTS	INDICATEURS CALCULÉS	INDICATEURS REPRÉSENTÉS
Emprise au sol des surfaces bâties (%)	5/7	5/5
Emprise au sol des surfaces imperméables (%)	5/7	5/5
Emprise au sol des espaces verts et des milieux humides (%)	5/7	5/5
Densité nette (logements/ha.)	5/7	n.a.
Facteur végétal (%)	5/7	n.a.
Répartition des surfaces du secteur selon l'occupation des sols (résidentiel, commercial ou institutionnel)	4/7	4/4
Densité bâtie (un.)	3/7	n.a.
Part de zones passives (%)	3/7	1/3
Coefficient de compacité (un.)	1/7	n.a.

La troisième aide à la conception testée dans le cadre de l'atelier englobe une série d'outils existants orientés « performance », présentés dans le cadre des séminaires hebdomadaires. Ces outils constituent des moyens efficaces pour évaluer la performance d'un projet à l'égard des microclimats extérieurs ou de l'intégration des stratégies passives. Ils comprennent plusieurs règles empiriques et abaques comprises dans le manuel « Sun Wind & Light » (Brown & DeKay 2000), les analyses numériques produites par le logiciel Autodesk Ecotect Analysis ©, la feuille de calcul « LUMcalcul » (Demers & Potvin 2004) et les maquettes validées par le ciel artificiel et l'héliodon. Les étudiants étaient libres de choisir les outils qui leur semblaient les plus aptes à valider leurs hypothèses de design. L'autonomie, la créativité et le sens critique sont des qualités essentielles du processus de conception.

L'analyse des projets d'architecture a mis en évidence que les outils d'aide à la conception existants orientés « performance » avaient vraisemblablement eu plus de succès que les indicateurs environnementaux, car tous les projets sans exception en ont fait usage. Cela dit, puisque les travaux pratiques du séminaire concomitant exigeaient qu'ils emploient différents outils, plusieurs étudiants ont profité des résultats de ces travaux pour bonifier leur projet d'atelier. Il serait intéressant de vérifier dans un contexte autre qu'académique si des outils d'aide à la conception ciblés pour leur capacité à évaluer la capacité d'adaptation du cadre bâti à la hausse des températures estivales seraient autant utilisés par les architectes et les professionnels de l'aménagement exerçant professionnellement.

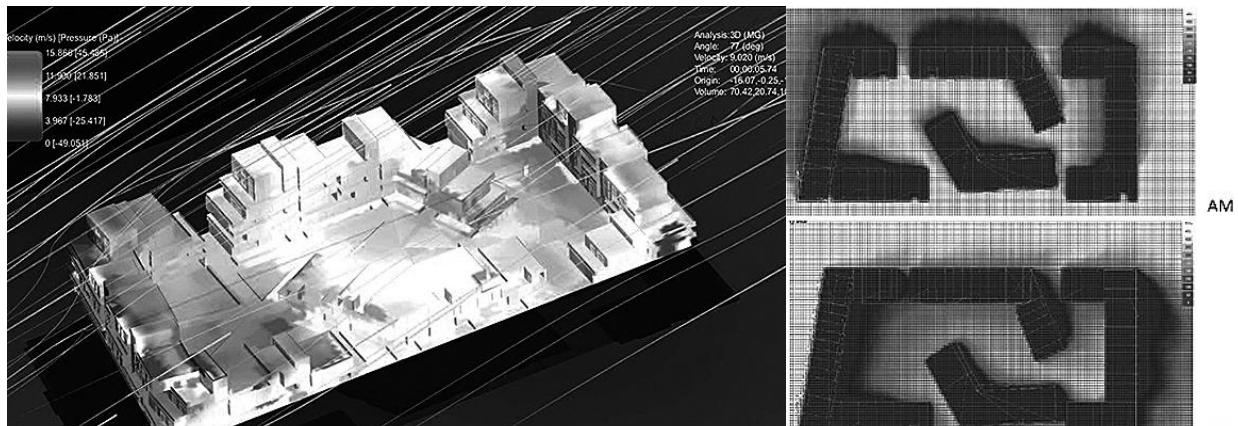


Figure 7 : Projet "Fraction".

Auteurs : Alper Harun Caglar et Fatima-Zahra Karmouche.

Le projet « Fraction » (Figure 7) montre par exemple les images produites par le logiciel Autodesk Ecotect Analysis ©. La partie gauche présente l'étude conduite par les auteurs pour garantir l'accès des logements aux brises estivales pour dissiper la chaleur. La partie droite exhibe quant à elle les résultats de l'analyse des conditions d'ensoleillement des matins et des après-midi d'été au sein de l'îlot. Ces résultats ont notamment permis de localiser la garderie dans un secteur semi-ombragé de la cour et de prévoir la plantation d'arbres pour créer des zones plus fraîches lors des chaudes journées

d'été. Cet exemple illustre de quelle manière les aides à la conception connexes ont contribué à l'amélioration de la performance des projets de l'atelier. C'est en effet à cause d'elles que les équipes ont modifié l'implantation de certains bâtiments, leur hauteur ou leur géométrie pour maximiser le contrôle ou la pénétration du soleil. Elles ont aussi dicté la profondeur des logements, leur rapport à l'extérieur, la quantité d'ouvertures, etc.

En somme, les résultats de l'analyse des projets semblent d'abord indiquer que la « feuille de route de l'adaptation du cadre bâti à la hausse des températures estivales », l'affiche des « 4 leviers d'action », constitue un outil orienté « connaissances » prometteur. Son contenu et sa forme synthétiques ont su rappeler aux étudiants les différents éléments et échelles d'intervention sans toutefois freiner leur créativité. Les résultats sont toutefois moins probants pour les affiches des indicateurs environnementaux développées pour agir au titre d'aide à la conception «hybride ». Bien que les informations écrites emploient une terminologie simple, les schémas explicatifs qui s'y trouvent occupent une place importante. Les indicateurs choisis, quant à eux, ne nécessitent pas de calculs complexes ni de données spécialisées. Pourtant, les étudiants les ont peu utilisés dans les phases amonts de la conception. Aussi, malgré leur relative simplicité, force est de constater que les indicateurs environnementaux s'intègrent difficilement dans le processus de conception urbain ou architectural, du moins en ce qui concerne les nouvelles interventions. En contrepartie, la présentation de plusieurs outils existants dans le cadre de l'atelier a été plus fructueuse. Les équipes n'ont pas forcément choisi les mêmes outils orientés « performance » pour tester leurs hypothèses de design, mais ils en ont tous fait usage sans exception. Les résultats issus des différentes analyses ont eu un impact significatif sur la formalisation des projets. L'implantation des bâtiments, leur gabarit, leur rapport au couvert naturel et aux matériaux ont été étudiés pour favoriser le refroidissement passif l'été. Ces résultats devraient cependant être validés dans un contexte non académique. Une « feuille de route » des aides à la conception existantes, mise en relation avec celle des « 4 leviers d'action » constitue une piste pour l'élaboration d'un cahier des charges dédié à l'adaptation du cadre bâti nordique à la hausse des températures estivales.

6.5 Conclusion

L'augmentation des températures estivales induites par les changements climatiques est particulièrement préoccupante pour les villes des latitudes tempérées froides, parce qu'elle engendre une dégradation de la qualité de l'air et exacerbe le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Pour répondre aux défis posés par le dérèglement climatique la ville constitue une échelle d'action clé, car des mesures d'atténuation et d'adaptation peuvent y être mises en œuvre. Les architectes et les professionnels de l'aménagement occupent une place privilégiée dans la mise en œuvre de certaines de ces mesures. Cependant, leur succès est tributaire de leur compréhension des principaux enjeux, des leviers d'action, des solutions potentielles et de leur capacité à adopter une attitude critique à l'égard des mesures préconisées. Un outil d'aide à la conception, destiné aux architectes et aux professionnels de l'aménagement et spécialisé sur la question de l'adaptation du cadre bâti à la chaleur, pourrait augmenter leurs chances de réussite.

Cet article a présenté la démarche suivie pour identifier les caractéristiques du cahier des charges destiné à supporter les architectes et les professionnels de l'aménagement dans l'adaptation du cadre bâti à la hausse des températures estivales. La première partie a exposé les résultats de deux ateliers

de travail organisés pour évaluer s'il y avait de réels besoins de formation chez les étudiants et les professionnels du bâtiment à l'égard des îlots de chaleur urbains et des principes du refroidissement passif. Les résultats de la hiérarchisation de 13 secteurs types selon leur degré d'exposition à la chaleur ont en effet révélé que les différents classements étaient plus proches des températures mesurées le jour et non la nuit, lorsque l'intensité de l'îlot de chaleur urbain est la plus marquée. Les secteurs étant théoriquement les plus exposés à la chaleur n'ont pas été jugés en ce sens et ceux qui l'étaient le moins ont été faussement surévalués.

La deuxième partie, consacrée à une recension d'outils d'aide à la conception existants, a mis en évidence les caractéristiques paraissant essentielles pour un outil spécialisé sur la question de l'adaptation des villes des latitudes tempérées froides à la hausse des températures estivales. Il est apparu clairement que celui-ci devait appartenir à la fois à la catégorie des aides orientées « connaissances » et performance » pour: (i) instruire les concepteurs sur les moyens permettant de limiter la formation d'un îlot de chaleur urbain et de favoriser le refroidissement passif des bâtiments, (ii) cibler des leviers d'action, (iii) exposer les solutions potentielles et (iv) en évaluer la performance. La recension a par ailleurs révélé qu'il n'existait pas à l'heure actuelle d'outil d'aide à la conception dédié à la problématique de l'adaptation au dérèglement climatique qui corresponde aux caractéristiques souhaitées.

La troisième partie a présenté les résultats d'un test effectué auprès de 14 étudiants inscrits à un atelier de design architectural de deuxième cycle pour vérifier la pertinence d'une version préliminaire d'un outil d'aide à la conception conçu pour favoriser l'adaptation du cadre bâti de Québec à la hausse des températures estivales. L'objectif de cet outil était de donner suffisamment d'informations pour encadrer l'apprentissage des étudiants tout en leur laissant suffisamment de liberté pour ne pas restreindre leur créativité. Par conséquent, la version préliminaire de l'aide à la conception a pris la forme d'une « feuille de route » composée de trois outils distincts: l'affiche des « quatre leviers d'action », des affiches rassemblant neuf indicateurs environnementaux et certains abaques, logiciel et outils de calcul simplifiés existants. L'analyse des sept projets réalisés au terme du semestre a révélé que l'affiche des « 4 leviers d'action » ainsi que le recours à certains outils existants appartenant à la catégorie « performance » avaient contribué à l'intégration de mesures d'adaptation dans les différents projets d'architecture. En revanche, l'utilisation des indicateurs environnementaux dans les phases amont de la conception n'a pas été concluante. C'est donc à partir de ces résultats que le cahier des charges dédié à la problématique de l'adaptation des villes tempérées froides à l'augmentation des températures estivales sera élaboré dans les mois à venir.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier les étudiants et les professionnels qui ont participé aux ateliers. Les coûts relatifs aux travaux ont été assumés par Ouranos grâce au Fonds vert dans le cadre de la mise en œuvre du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec. Les travaux ont également été réalisés en collaboration avec Ressources naturelles Canada.

Liste des ouvrages cités

Adolphe, L., 2001. A simplified model of urban morphology: application to an analysis of the environmental performance of cities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(2), p.183 – 200.

Adolphe, L., 1995. *L'intégration des connaissances techniques dans le processus de conception architecturale et urbaine*. Habilitation à diriger des recherches (HDR). France: UPS-Toulouse.

Akbari, H., Levinson, R. & Rainer, L., 2005. Monitoring the energy-use effects of cool roofs on California commercial buildings. *Energy and Buildings*, 37(10), p.1007- 1016.

Akbari, H., Pomerantz, M. & Taha, H., 2001. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*, 70(3), p.295- 310.

APUR, 2007. *Consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre liées au chauffage des résidences principales parisiennes.*, Paris. Available at: <http://www.apur.org/etude/consommations-energie-et-emissions-gaz-effet-serre-liees-au-chauffage-residences-principales-p> [Consulté le avril 18, 2011].

Aubé, M. et al., 2011. *Changements climatiques, vulnérabilité et adaptation des immeubles. Document de travail.*, Québec, Canada.: Corporation d'hébergement du Québec. Available at: http://www.ouranos.ca/fr/infolettre/infolettre_mai2011.php#publi [Consulté le juin 20, 2011].

AUCAME, 2010. Répertoire des Formes Urbaines Résidentielles de Caen-Métropole. Available at: <http://www.aucame.fr/web/publications/etudes/etudes.php> [Consulté le février 4, 2011].

Auger Nathalie & Kosatsky Tom, 2002. *Chaleur accablante: mise à jour de la littérature concernant les impacts de santé publique et proposition de mesures d'adaptation.*, Montréal (Québec): Régie régionale de la santé et des services sociaux de Montréal-Centre.

Augustin, S. & Coleman, C., 2012. *The Designer's Guide to Doing Research: Applying Knowledge to Inform Design*, John Wiley & Sons.

Bachman, L., 2012. Architectural Design Learning. *Society of Building Science Educators Newsletter*, p.2.

Bedsworth, L.W. & Hanak, E., 2010. Adaptation to Climate Change. *Journal of the American Planning Association*, 76(4), p.477- 495.

Bergeron, O. & Strachan, I.B., 2010. Wintertime radiation and energy budget along an urbanization gradient in Montreal, Canada. *International Journal of Climatology*.

Blanco, H. et al., 2009. Hot, congested, crowded and diverse: Emerging research agendas in planning. *Progress in Planning*, 71(4), p.153–205.

Bonneaud, F., Paul, B. & Adolphe, L., 2004. Efficience des outils d'aide à la conception: proposition d'une grille d'analyse multicritères. In *L'architecture et les disciplines*. EURAU'04, European symposium on research in architecture and urban planning. Marseille, France.

Boulfroy, E. et al., 2012. *Priorisation pour la conservation d'îlots de fraîcheur existants et l'implantation de nouveaux îlots de fraîcheur*, Québec, Canada.: Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Available at: <http://www.cerfo.qc.ca/index.php?id=16> [Consulté le mars 19, 2013].

- Bozonnet, E., 2005. *Impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments - Cas de la rue canyon*. France: Université de La Rochelle. Available at: <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00011115> [Consulté le juin 14, 2012].
- Braga, A.L., Zanutti, A. & Schwartz, J., 2001. The time course of weather-related deaths. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 12(6), p.662- 667.
- Brown, G.Z. & DeKay, M., 2000. *Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies* 2^e éd., Wiley.
- Bruse, M., 2010. Logiciel ENVI-met 3. Available at: <http://envi-met.com/> [Consulté le mai 16, 2013].
- Burry, M., 2012. Towards meeting the challenges of facilitating transdisciplinarity in design education, research and practice. In *Design Innovation for the Built Environment: Research by Design and the Renovation of Practice*. Grande-Bretagne: Routledge, p. 52- 66.
- Chaabouni, S., Bignon, J-C. & Halin, G., 2009. Utilisation d'une collection de références pour assister la conception des ambiances lumineuses. In *Conception architecturale numérique et approches environnementales*. Conception architecturale numérique et approches environnementales, Actes du 3^{ème} séminaire de conception architecturale. SCAN 09 Séminaire de conception architecturale numérique. ENSA de Nancy: Presses universitaires de Nancy., p. 23- 34. Available at: <http://www.lcdpu.fr/livre/?GCOI=27000100249660> [Consulté le janvier 4, 2013].
- Cloutier, G. & Joerin, F., 2012. Tackling Climate Change Adaptation at the Local Level Through Community Participation. In *Research in Urban Sociology*. p. 51- 73. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/books.htm?chapterid=17056490&show=abstract> [Consulté le août 6, 2013].
- Colombert, M., 2008. *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville*. France: Université Paris-Est. Available at: <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00470536/en/> [Consulté le novembre 25, 2010].
- Conklin, J., 2005. Wicked Problems & Social Complexity. In *Dialogue Mapping: Building Shared Understanding of Wicked Problems*. Wiley, p. 264.
- Demers, C.M. & Potvin, A., 2004. LUMcalcul 2.01: prédiction de la lumière naturelle pour la conception architecturale. *Proc. of eSIM2004, Vancouver*, p.9-11.
- Desjarlais, C. et al., 2010. *Ouranos. Savoir s'adapter aux changements climatiques*, Montréal: OURANOS : Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques. Available at: <http://www.ouranos.ca/fr/publications/ouvrages-generaux.php> [Consulté le novembre 25, 2010].
- Dimoudi, A. & Nikolopoulou, M., 2003. Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, 35(1), p.69- 76.
- Djen, C.S., Jingchun, Z. & Lin, W., 1994. Solar radiation and surface temperature in Shanghai City and their relation to urban heat island intensity. *Atmospheric Environment*, 28(12), p.2119- 2127.
- Dodman, D., Bicknell, J. & Satterthwaite, D., 2012. *Adapting Cities to Climate Change: Understanding and Addressing the Development Challenges*, Routledge.
- Doulos, L., Santamouris, M. & Livada, I., 2004. Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. *Solar Energy*, 77(2), p.231- 249.
- Downton, P., 2003. *Design Research*, RMIT Publishing.

Dubois, C. et al., 2012. Adapting cities to climate change: heat and urban form. In *Proceedings of the 8th International Conference on Urban Climates and the 10th Symposium of the Urban environment*. ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates. Dublin, p. 4.

Emmanuel, R. & Krüger, E., 2012. Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city: The case of Glasgow, UK. *Building and Environment*, 53, p.137- 149.

Environnement Canada, 2013. "Normales et moyennes climatiques au Canada 1971-2000". Service météorologique du Canada. http://climate.weatheroffice.gc.ca/climate_normals/index_f.html. Accessed 11 December 2013.

Fernandez, L., 2010. *Transposition en architecture des connaissances d'ingénierie environnementale et des savoirs relatifs au choix des matériaux*. France: INSA.

Francisco R. C. A., Sad de Assis E. & Assunção M., 2012. Calibrating the model ENVI-Met© for the city of Belo Horizonte, Brazil. In *Proceedings of the 8th International Conference on Urban Climates and the 10th Symposium of the Urban environment*. ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates. Dublin, p. 4.

Fröhlich D. & Matzarakis A., 2012. Application of micro scale models for bioclimatic assessment – Examples from Freiburg. In *Proceedings of the 8th International Conference on Urban Climates and the 10th Symposium of the Urban environment*. ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates. Dublin, p. 5.

Giannaros, T.M. & Melas, D., 2012. Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean City: The case study of Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Research*, 118, p.103- 120.

GIEC, 2007. *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Genève, Suisse.

Giguère, M., 2009. *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains - Revue de littérature.*, Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Available at: <http://www.inspq.qc.ca/publications/liste.asp?Titre=&Theme=0&Prenom=&Nom=Gigu%E8re&NumPublication=&ISBN=&Annee=2009&Type=0&Direction=0&Unite=0&A=9> [Consulté le mars 18, 2011].

Gill, S. et al., 2004. *Literature review: Impacts of climate change on urban environments.*, Manchester: Centre for Urban & Regional Ecology, School of Environment and Development, University of Manchester. Available at: zotero://attachment/60/ [Consulté le novembre 25, 2010].

Givoni, B., 1998. *Climate considerations in building and urban design*, John Wiley and Sons.

Hague, C., 2009. Planning in the Commonwealth. *Town Planning Review*, 80(2), p.i- vi.

Hallegatte, S., 2009. Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change*, 19(2), p.240- 247.

Huttner, S., Bruse, M. & Dostal, P., 2008. Using ENVI-met to simulate the impact of global warming on the microclimate in central European cities. In 5th Japanese-German Meeting on Urban Climatology. p. 307- 312.

IAU Île-de-France, 2009. Densité et habitat en Île-de-France: Note rapide sur l'occupation du sol, n° 1. Available at: <http://www.iau-idf.fr/nos-etudes/detail-dune-etude/etude/densite-et-habitat-en-ile-de-france.html> [Consulté le février 7, 2011].

IAU Île-de-France, 2010. Les îlots de chaleur urbains - Répertoire de fiches de connaissance. Available at: <http://www.iau-idf.fr/nos-etudes/detail-dune-etude/etude/les-ilots-de-chaleur-urbains-1.html> [Consulté le mars 18, 2011].

Karlessi, T. et al., 2011. Development and testing of PCM doped cool colored coatings to mitigate urban heat island and cool buildings. *Building and Environment*, 46(3), p.570- 576.

Kestens, Y. et al., 2011. Modelling the variation of land surface temperature as determinant of risk of heat-related health events. *International Journal of Health Geographics*, 10(1), p.7.

Kwok, A. & Grondzik, W., 2011. *The Green Studio Handbook: Environmental Strategies for Schematic Design* Second Edition., Architectural Press: Elsevier.

Leduc, R. et al., 1980. Ilot de chaleur a Quebec: Cas d'ete. *Boundary-Layer Meteorology*, 19(4), p.471- 480.

Menberg, K. et al., 2013. Subsurface urban heat islands in German cities. *Science of The Total Environment*, 442, p.123- 133.

Moser, S.C. & Dilling, L., 2007. *Creating a climate for change: communicating climate change and facilitating social change*, Cambridge University Press.

Nakayama, T. & Hashimoto, S., 2011. Analysis of the ability of water resources to reduce the urban heat island in the Tokyo megalopolis. *Environmental Pollution*, 159(8-9), p.2164- 2173.

Neuvel, J.M.M. & van den Brink, A., 2009. Flood risk management in Dutch local spatial planning practices. *Journal of Environmental Planning and Management*, 52(7), p.865- 880.

Nishimura, N. et al., 1998. NOVEL WATER FACILITIES FOR CREATION OF COMFORTABLE URBAN MICROMETEOROLOGY. *Solar Energy*, 64(4-6), p.197- 207.

Oke, T.R., 1988. Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings*, 11(1-3), p.103- 113.

ONERC, 2010. *Rapport au Premier ministre et au Parlement : villes et adaptation au changement climatique.*, France.

Ratti, C., Baker, N. & Steemers, K., 2005. Energy consumption and urban texture. *Energy and Buildings*, 37(7), p.762- 776.

Rittel, H.W.J. & Webber, M.M., 1973. Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), p.155- 169.

Rizwan, A.M., Dennis, L.Y.C. & Liu, C., 2008. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), p.120- 128.

Roaf, S., Crichton, D. & Nicol, F., 2009. *Adapting Buildings and Cities for Climate Change: A 21st Century Survival Guide* 2^e éd., Architectural Press.

Scaletsky, C.C., 2009. Recherche blue sky et les « super constantes »: la vision de Flaviano Celaschi. In *Conception architecturale numérique et approches environnementales*. Conception architecturale numérique et approches environnementales, Actes du 3^{ème} séminaire de conception architecturale. SCAN 09 Séminaire de conception architecturale numérique. ENSA de Nancy: Presses universitaires de Nancy., p. 85- 95. Available at: <http://www.lcdpu.fr/livre/?GCOI=27000100249660> [Consulté le janvier 4, 2013].

School of Architecture, The Chinese University of Hong Kong, 2011. *Urban Climatic Map and Standards for Wind Environment - Feasibility Study - Stakeholders Engagement Digest.*, Hong Kong: School of Architecture, The Chinese University of Hong Kong.

- Shaw, R., Colley, M. & Connell, R., 2007. How to implement adaptation through design and development. In *Climate change adaptation by design: a guide for sustainable communities*. London: Town and Country Planning Association, p. 16- 47.
- Stewart, I.D., 2011. *Redefining the urban heat island*. Electronic Thesis or Dissertation. Vancouver, Canada: The University of British Colombia. Available at: <https://circle.ubc.ca/handle/2429/38069> [Consulté le novembre 3, 2011].
- Stewart, I.D. & Oke, T.R., 2010. Thermal differentiation of local climate zones using temperature observations from urban and rural field sites. In *Preprints*. 9th Symposium on Urban Environment. Keystone, Colorado.
- Sun, R. & Chen, L., 2012. How can urban water bodies be designed for climate adaptation? *Landscape and Urban Planning*, 105(1–2), p.27- 33.
- Susca, T., Gaffin, S.R. & Dell’Osso, G.R., 2011. Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. *Environmental Pollution*, 159(8–9), p.2119- 2126.
- Taha, H., 1997. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*, 25(2), p.99- 103.
- Tourre, V., 2007. *Simulation inverse de l’éclairage naturel pour le projet architectural*. France: Université de Nantes. Available at: <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00383341/> [Consulté le janvier 14, 2013].
- US EPA, 2008. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Available at: <http://www.epa.gov/heatisland/resources/compendium.htm> [Consulté le mai 18, 2011].
- Velazquez-Lozada, A., Gonzalez, J.E. & Winter, A., 2006. Urban heat island effect analysis for San Juan, Puerto Rico. *Atmospheric Environment*, 40(9), p.1731- 1741.
- Williams, K., Joynt, J.L.R. & Hopkins, D., 2010. Adapting to Climate Change in the Compact City: The Suburban Challenge. *Built Environment*, 36(1), p.105- 115.
- Wilson, E., 2006. Adapting to Climate Change at the Local Level: The Spatial Planning Response. *Local Environment*, 11(6), p.609- 625.
- Wilson, A., 2006. Passive Survivability: A New Design Criterion for Buildings. *Environmental Building News*, 15(5). Available at: <http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/2006/5/3/Passive-Survivability-A-New-Design-Criterion-for-Buildings/> [Consulté le janvier 21, 2013].
- Wong, N.H., Jusuf, S.K. & Tan, C.L., 2011. Integrated urban microclimate assessment method as a sustainable urban development and urban design tool. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), p.386- 389.

Conclusion

En guise de conclusion à ce rapport scientifique, nous proposons une réflexion globale, plus intuitive que systématique, visant à faire émerger quelques apprentissages essentiels. Dans cette optique, nous proposons quelques constats qui ressortent concernant les formes du processus de planification à privilégier de même que certaines conclusions quant à la faisabilité et l'acceptabilité actuelle des mesures d'adaptation de la ville, telles qu'évaluées à travers le processus de recherche-action.

Nous établissons également un rapide bilan sur quelques points précis, de façon à proposer quelques suggestions sur la manière de refaire le projet de recherche (« si c'était à refaire »). Ce bilan concerne la mobilisation locale, l'analyse multicritère, la méthode générale et les ressources humaines et financières à déployer. Il doit être abordé comme des pistes à suivre pour de futures recherches davantage que comme une évaluation du processus.

1.5 L'importance d'une participation diversifiée pour répondre au manque de données

Au terme de la recherche-action, il apparaît toujours valable, si ce n'est encore plus, de privilégier une approche participative de la planification de l'adaptation de la ville aux changements climatiques. La forme de la participation, l'expertise des participants sollicités et le niveau d'intensité peuvent varier selon le contexte. Néanmoins, la pertinence d'une démarche intégrant la contribution d'intervenants issus de milieux autres que celui de la planification urbaine (c'est-à-dire autres qu'urbanistes, aménagistes, architectes, designers, ingénieurs) à l'étape du diagnostic, à celle de la priorisation ainsi qu'à l'étape de l'appréciation des mesures d'adaptation ressort comme un résultat important de notre démarche. La participation d'une diversité d'acteurs territoriaux aide notamment à combler les lacunes en termes de ressources informationnelles et ce, dès le diagnostic territorial des enjeux d'adaptation. Dans un contexte d'incertitude scientifique, mais aussi de données non uniformément systématisées (cartes non mises à jour, relevés incomplets, etc.) et de connaissances encore très rarement mobilisées autour des enjeux d'adaptation, il s'avère opportun de mettre à profit des acteurs qui connaissent en profondeur une partie du territoire ou un secteur d'activité. À partir de leur expérience et des ressources qu'ils peuvent eux-mêmes mobiliser dans leur champ d'intervention ou dans leur milieu socio-communautaire, ces acteurs (responsables du traitement de l'eau potable, représentants des conseils de quartier, gens d'affaires, etc.) sont en mesure d'identifier des situations exemplaires dans l'histoire récente ou éloignée, de référer à des intervenants ayant des compétences sur le sujet et de proposer des pistes d'intervention pour anticiper les impacts potentiels des changements climatiques. Autrement dit, ces intervenants non spécialistes de la planification peuvent être interpellés à différents moments du processus, depuis le tout début de l'identification des problèmes possibles jusqu'à la mise en place des solutions. Le va-et-vient entre le travail de planification et la consultation de ces acteurs est même le mode idéal de construction. Quelle est la proportion d'arbres dans ce secteur de la ville ? Quelle envergure a la canopée ? Comment peut-on qualifier le tissu social dans ce quartier ? Les résidents ont-ils des recours faciles d'accès pour obtenir de l'information, pour solliciter de l'aide ? Quels sont les secteurs en transition économique, actuellement ? Vers quels services et ressources les nouveaux arrivants peuvent-ils se tourner dans cette municipalité ? Ces questions peuvent être posées aux techniciens responsables de la qualité du milieu, aux travailleurs sociaux, aux animateurs en loisir, etc. dans l'optique d'obtenir des informations collées à la gestion régulière du territoire et des services offerts aux résidents.

Les consultations intersectorielles et interdisciplinaires ont mis en lumière l'utilité de la discussion entre intervenants variés pour aborder les diverses facettes d'un même problème. Les ateliers de discussion, qu'ils aient trait au diagnostic, à l'évaluation multicritère ou au design urbain, ont à chaque fois favorisé une reconnaissance simultanée des dimensions physico-spatiale, sociale, économique, communautaire, organisationnelle, culturelle et politique de l'adaptation aux changements climatiques. Par l'échange, les intervenants sont en mesure de faire une analyse plus systémique des enjeux associés aux changements climatiques ; leurs réponses complètent celles des autres, ajoutent, raffinent l'information. Ils ont chacun leur savoir et leur expérience, mais tous partagent un lien au même territoire et une volonté d'aménager ce territoire de façon adaptée.

De la même façon une équipe municipale responsable de la planification de l'adaptation gagnera à s'appuyer sur ces témoignages d'expérience et sur ces diverses connaissances, au moins pour établir une liste des éléments à mieux documenter. Par exemple, la perception que les inondations se feront plus fréquentes dans tel ou tel secteur de la ville n'est pas nécessairement fondée, mais si elle a été exprimée, c'est que cette perception existe et les professionnels municipaux auront intérêt à se documenter pour démontrer qu'elle n'est pas fondée.

En d'autres termes, l'inférence qu'effectuent les participants à un atelier de discussion des effets en chaîne d'un événement climatique sur le milieu urbain permet aux responsables de la planification d'établir un diagnostic et une liste des éléments à documenter. Avec ce diagnostic et cette liste comme guides, il devient plus facile d'opérationnaliser l'adaptation.

1.6 Mobilisation locale et prise de conscience

Comme évoqué, l'importante dimension participative de ce projet était motivée par l'idée que la mise en œuvre d'un plan ou de mesures d'adaptation aux changements climatiques est grandement favorisée, voire conditionnée, par la participation des acteurs locaux à leur élaboration. Toutefois, nous avons constaté dès les premières rencontres que cette participation était également un pré-requis à la prise de conscience des implications des changements climatiques et de leur impact pour le milieu. Autrement dit, avant même d'en arriver à la planification d'une adaptation, la démarche allait devoir initier une construction sociale du problème des changements climatiques en milieux urbains. Pour de nombreux acteurs ce phénomène était vague, éloigné ou inexistant.

Les prises de contacts initiales ont révélé la diversité de la sensibilité et des réactions des acteurs locaux face à la question climatique. Certains groupes étaient déjà très concernés par les effets des changements climatiques, les responsables des espaces publics urbains par exemple, alors que d'autres découvraient visiblement ce champs de réflexion. Ceci étant dit, la tendance générale allait nettement vers le sentiment que les changements climatiques interpelaient encore peu les personnes rencontrées. Ce constat nous a permis de prendre conscience qu'avant d'établir une relation entre les changements climatiques et les acteurs locaux (Comment ceux-ci impacteront-ils mes activités ? Comment pourrais-je y faire face ?), il était nécessaire de rétablir une relation plus fondamentale avec le climat lui-même. En effet, grâce à de nombreux et appréciables progrès technologiques, les activités humaines se sont considérablement libérées des contraintes climatiques (climatisation, irrigation, canon à neige, etc.) et ce dans de multiples domaines. Il en résulte un certain sentiment d'indépendance climatique qui constitue un obstacle à la mobilisation et qui ne peut être surmonté

qu'en amenant les acteurs à prendre conscience des limites des technologies qui nous protègent des aléas climatiques. Sans électricité, le climatiseur s'arrête ou encore la multiplication des climatiseurs accentue les îlots de chaleurs et met en danger l'approvisionnement énergétique.

Dans ce contexte, l'expérimentation participative a également permis de stimuler une prise de conscience, une première réflexion sur cet enjeu. Elle aura peut-être contribué à la valorisation de la question de l'adaptation aux changements climatiques dans les milieux de pratique où elle était encore étrangère. Elle aura, surtout, permis de voir la pertinence de l'aborder par un biais multidimensionnel et multidisciplinaire.

1.7 Évaluation multicritère des risques et réorientation de l'interaction avec les experts

L'évaluation des risques par le biais d'analyses multicritères a été au cœur de la seconde année du projet. Ainsi, des efforts considérables ont été entrepris dans le but de produire une évaluation structurée, cohérente et globale des niveaux de risque sur l'ensemble du territoire de l'agglomération de Québec. Nous constatons cependant que ces efforts n'ont pas permis d'atteindre pleinement les résultats escomptés. La quantité et la qualité des données étaient notamment insuffisante et les résultats trop disparates. De plus, d'importantes difficultés sont apparues lors des ateliers avec les experts.

Deux séries d'ateliers ont été organisées, dans trois domaines différents (transport, exposition du bâti à la chaleur et qualité et disponibilité de l'eau potable) afin de récolter des appréciations d'experts pour appuyer la mesure des niveaux de risque. Malgré une progression notable dans le déroulement de ces ateliers, nous n'avons pas réussi à amener les experts à formaliser ces appréciations et à les valider collectivement. Les deux séances sur les transports n'ont pas été concluantes, parce que les participants n'ont pu adhérer au mode de raisonnement simplifié ou approximatif qui leur était proposé. Pourtant ce mode de raisonnement semble indispensable dans le contexte de l'adaptation aux changements climatiques, où on ne peut envisager de produire pour chaque type d'impact une récolte de données et des études spécifiques. Nous avons donc maintenu ce but et modifié la formule d'interaction avec les experts en faveur du recours à une inférence inductive, appuyée sur leur connaissance de certains cas et secteurs typiques.

Les séances sur le degré d'exposition du bâti à la chaleur ont ainsi mieux fonctionné. Cependant, les résultats produits se sont avérés inutilisables en raison de certaines incompréhensions fondamentales du phénomène des îlots de chaleurs urbains. Cela a été par la suite confirmé par une comparaison avec des mesures sur le terrain et par d'autres ateliers avec des experts du domaine. Seules les deux séances sur les risques de contamination de l'eau potable ont finalement produit des résultats satisfaisants. Malheureusement, en raison de la nature du phénomène et de l'influence prédominante de la variable « réseau d'approvisionnement », ces résultats ne permettaient pas de faire des distinctions et ils ont eu peu d'influence sur la suite de la démarche.

1.8 Traverser les échelles spatiales : un pari partiellement relevé

Hormis sa dimension participative, l'approche mise en œuvre dans ce projet se distingue par sa dimension transcalaire. Les deux premières années s'inscrivaient à l'échelle de l'agglomération, alors que la dernière abordait plus spécifiquement l'échelle du quartier ou du lotissement. Ce passage

d'échelle se concrétise par le choix de secteurs cibles satisfaisants deux conditions : un niveau de risque élevé et une dynamique de changement qui offre des opportunités d'adaptation. En d'autres termes, le diagnostic et l'évaluation des risques devaient permettre d'identifier des secteurs où les risques semblent particulièrement prégnants. Par la suite, en superposant à ces secteurs les résultats d'une analyse des dynamiques urbaines, nous souhaitons définir des secteurs d'action prioritaires. Or, cette approche, qui nous semble encore pertinente, dans son principe, a elle aussi rencontré quelques difficultés de réalisation.

En effet, les professionnels de l'urbanisme et du design urbain ont une « culture du projet » très fortement fondée sur l'opportunité (le terrain constructible, le bâtiment à rénover, le projet urbain, par exemple). La réflexion stratégique sur le lieu d'intervention occupe une place restreinte dans la démarche de conception urbanistique. Dans ce contexte, la définition des secteurs prioritaires s'est essentiellement arrimée à la saisie d'occasions, à l'apparition de projets ciblant un secteur du territoire, sans suffisamment prendre en compte l'évaluation du risque. Nous ne sommes pas vraiment parvenus à trouver la manière de développer une adaptation planifiée, qui établirait au préalable, dans une réflexion stratégique, le lieu, le niveau de priorité et le moment des actions. D'une certaine façon, la réalité économique et politique a rattrapé la recherche et s'est imposée comme cadre de référence pour développer des mesures d'adaptation. Cela est à voir comme un résultat, puisque cette prévalence de l'opportunité de développement urbain sur l'évaluation des risques à l'étape de l'élaboration des mesures d'adaptation fait partie, justement de la réalité. La « culture du projet » est à considérer et à arrimer avec les préoccupations socio-économiques et climatiques plus largement.

1.9 En vue d'une adaptation planifiée pertinente, opportuniste ET évolutive

Si le projet de recherche-action n'a pas tout à fait réussi à articuler l'évaluation des risques à l'opportunité de développement urbain en faveur d'une adaptation de la ville aux changements climatiques, il a néanmoins permis d'éclairer la pertinence de cette articulation pour la planification. Il a également conduit à voir comment la participation d'une diversité d'acteurs à différents moments du processus permet de préserver la pertinence sociale et scientifique de la planification au fur et à mesure qu'elle se développe.

Certes, une séquence de planification claire, précisant les opérations qui seront menées, le moment auquel elles seront menées, les outils requis et les groupes interpellés assure une compréhension mutuelle de toutes les parties impliquées dans le processus de planification, y compris ses commanditaires. Le design pragmatique de l'approche de planification (et c'est la même chose pour le design de la recherche) devient ainsi un pré-requis pour s'assurer que les différents acteurs et responsables de la planification aient la même conception des objectifs et puissent évaluer les résultats en fonction de ce qui était attendu. Néanmoins, la seule façon de planifier l'adaptation locale aux changements climatiques de façon appropriée pour le contexte local est de tenir compte des valeurs locales, des intérêts locaux, des croyances, des caractéristiques physiques, culturelles, sociales du milieu. L'introduction de ces éléments dans le travail de planification gagne à se faire dès le diagnostic territorial des enjeux d'adaptation, mais elle doit aussi être réactualisée au cours du processus. Et cette introduction se réalise plus aisément si elle s'appuie sur la participation d'une diversité d'intervenants. D'une part, la sollicitation d'une diversité d'acteurs facilite la multiplication des points de vue, ce qui élargit le cadrage des problèmes et de leurs solutions. Parce que les valeurs

et les intérêts d'un individu sont marqués par son histoire, son profil, sa formation, son rôle, ses rapports de force, la mobilisation d'une pluralité d'individus est susceptible de permettre l'accès à plusieurs points de vue sur la question de l'adaptation de la ville. Quels sont les quartiers en crise actuellement ? Où les besoins sont-ils les plus pressants ? Y a-t-il des populations plus vulnérables que d'autres ? D'autre part, la sollicitation de cette diversité d'acteurs à différents moments du processus permet d'éviter que les responsables de la planification ne retombent, inconsciemment, dans un processus de re-cadrage qui serait détaché des préoccupations et perceptions locales.

De fait, les professionnels responsables du plan d'adaptation aux changements climatiques, quelle que soit leur formation, doivent s'assurer de la pertinence scientifique des enjeux ciblés et des priorités identifiées. Quel intérêt y aurait-il à investir à court terme dans l'adaptation des berges dans un milieu où cet enjeu n'est pas considéré important par la recherche sur ces questions ? Toutefois, l'adaptation urbaine aux changements climatiques invite à revoir les pratiques habituelles, à interroger nos façons de faire. En effet, les pratiques urbanistiques et urbaines n'ont pas seulement obtenues de bons résultats (multiplication des surfaces minérales et imperméables qui contraignent l'écoulement des eaux et captent la chaleur, développement massif des routes décourageant les déplacements actifs pour ne citer que ces exemples). L'adaptation de la ville passe aussi par la révision des façons de faire appliquées jusqu'à maintenant. Dans ce contexte, il apparaît important de permettre que les modes de planification et que les pratiques des professionnels de la ville (urbanistes, aménageurs, ingénieurs, architectes, designers, responsables des travaux publics, de l'environnement, etc.) ne retombent pas dans leurs réflexes, dans certaines ornières. Le cadrage des problèmes et l'identification de la portée des solutions à anticiper sont des actions centrales dans le processus de planification de l'adaptation. Tant le cadrage que la portée reviennent à différents moments de ce processus. Ces différents moments sont des occasions pour les professionnels de « ramener » le dossier de l'adaptation vers eux, vers les façons de faire qu'ils connaissent et maîtrisent. Évidemment, cette appropriation par les professionnels de l'aménagement et du développement urbain est essentielle et doit être valorisée. Mais elle doit également se préserver de ne pas explorer de nouvelles pistes. Le cadrage par les professionnels gagne à être bonifié et raffiné par les autres cadrages, ceux que portent les acteurs sociaux, économiques, politiques, plus largement.

À cet égard, la ré-interrogation des perceptions des intervenants locaux – autant de leurs perceptions des priorités que de celles des dangers ou vulnérabilités – après le diagnostic, au moment de l'identification des secteurs cibles, notamment, et à celui du choix des mesures d'adaptation, peut contribuer à sortir des pratiques habituelles et renforcer la pertinence sociale du plan d'adaptation.

Dans notre étude, la mobilisation d'une diversité de points de vue à différents moments du processus de planification s'est avérée une clé pour empêcher un cadrage unique ou unidimensionnel des enjeux de l'adaptation. Cette mobilisation demande du temps et de l'engagement de chacune des parties. Généralement, quelques séances de travail permettent à ces parties de voir tout l'intérêt d'une telle démarche, tant pour le dossier de l'adaptation que pour d'autres dossiers urbains.

1.10 Anticiper la faisabilité et l'acceptabilité des mesures d'adaptation

La troisième année du projet de recherche-action était consacrée à l'élaboration de mesures d'adaptation et à leur soumission à un processus de consultation. Cette étape est venue confirmer que

la participation d'une diversité d'intervenants, en plus de combler les lacunes informationnelles, facilite le passage de la planification à l'action. En effet, la démarche participative a permis de constater qu'en interpellant des représentants de la société civile dès la phase d'élaboration de ces mesures d'adaptation, il est possible d'identifier les obstacles potentiels à leur mise en pratique.

En fait, en consultant la population en amont de l'élaboration des mesures d'adaptation, l'équipe de planification est en mesure de saisir les mesures les plus faibles, les moins appropriées, celles qui nécessiteront un travail de précision ou qui vont requérir un certain argumentaire lors de leur présentation à travers le plan d'adaptation. Autrement dit, cela bonifie les mesures d'adaptation et renforce leur caractère adapté au contexte. Cela permet également à l'administration municipale de mieux définir ses priorités : si le plan d'adaptation privilégie des options qui ont été peu ou pas appréciées lors des consultations, ces options gagneront à être étayées et à être présentées préalablement à la population. Ces démarches en amont consolideront la plus-value de ces options pour le milieu.

Les résultats des ateliers entourant l'appréciation de la faisabilité et de l'acceptabilité des mesures d'adaptation montrent que les acteurs territoriaux (experts de la vie urbaine de tous les jours autant qu'experts professionnels – urbanistes, ingénieurs, travailleurs sociaux, etc.) sont plutôt favorables aux mesures d'adaptation proposées. Néanmoins, ils ont souvent des réserves quant à leur intégration au milieu, quant à la qualité de la prise en compte du contexte pour chaque intervention. Autrement dit, bien souvent, les remarques formalisées lors des ateliers et dans la consultation en ligne concernaient non pas la pertinence des actions proposées mais plutôt leur arrimage aux autres actions et au cadre urbain plus généralement.

Par exemple, la proposition d'installer du mobilier urbain résistant dans les rues commerçantes et les noyaux villageois s'est attirée un certain nombre de commentaires colorés en jaune (l'étiquette jaune référant aux mesures faisables mais peu acceptables) ou en rouge (l'étiquette rouge référant aux mesures non acceptables et non faisables). Ces commentaires soulignaient que le mobilier doit profiter de l'ombre fournie par les arbres, qu'il doit aussi s'intégrer au cadre bâti environnant, sans gêner la mobilité universelle. De la même façon, les propositions de renforcer la planification urbaine préventive (empêcher la construction en zones inondables, assurer une mixité des usages, etc.) ont été assez bien accueillies, mais les commentaires émettant des réserves étaient nombreux. Ces derniers soulignaient la variété des usages à intégrer, l'intérêt de tenir compte des échelles ou encore la difficulté de restreindre drastiquement les pratiques courantes et bien implantés dans le mode de vie nord-américain – réduire le nombre de cases de stationnement sur une rue commerçante, par exemple. Concernant cette dernière remarque, il s'agit d'un exemple de mesure pour laquelle une administration municipale aurait besoin d'un argumentaire plus étoffé que pour d'autres mesures plus simples.

Un peu dans le même sens, les mesures ayant plusieurs bénéfices complémentaires (souvent qualifiées de gagnant-gagnant) se sont démarquées auprès des participants aux ateliers de design et des répondants en ligne. Là encore, les répondants apprécient le caractère intégré ou complémentaire de mesures d'adaptation somme toute assez simples, comme le verdissement, l'utilisation de matériaux de revêtement pâles ou l'agriculture urbaine. Le potentiel levier que peuvent constituer ces mesures pour animer la communauté a été souligné par plusieurs participants. Selon leur perspective,

la plantation d'arbres, le verdissement de sentiers pédestres, le verdissement et l'aménagement d'espaces publics, même de petites tailles, peuvent contribuer à renforcer le tissu social et la socialisation et à favoriser le transport actif. Ainsi, en plus de réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain et de renforcer la perméabilité physique des espaces, ces mesures contribuent à la santé générale des milieux urbains.

En plus de susciter des commentaires sur les façons de bonifier les mesures d'adaptation élaborées et présentées par les designers urbains, les ateliers participatifs et intersectoriels permettent d'ajouter à la légitimité de ces mesures. Ils contribuent à leur appropriation par les intervenants et, conséquemment, facilitent leur éventuelle mise en œuvre, une fois le plan d'adaptation adopté.

1.11 Une applicabilité conditionnée par les ressources

Le projet de recherche-action a disposé de ressources conséquentes. L'importance des ressources consommées par ce projet de recherche se justifie par sa nature exploratoire et par son contexte académique, qui impose un rythme et des contraintes, notamment liées à l'enseignement et la formation. De plus, la nature académique du projet a permis une concentration de l'attention sur certaines dimensions de l'adaptation aux changements climatiques des milieux urbains (eau, chaleur, transport) qu'il serait difficile à reproduire, a priori, dans un cadre municipal. Il est, d'une certaine façon, légitime de se questionner sur la reproductibilité d'une telle démarche dans un contexte local administratif (villes ou MRC par exemple).

Cependant, cette recherche a permis de dégager des pistes de simplification qui permettent d'envisager une meilleure applicabilité. Ces pistes sont aussi des réponses à certaines difficultés mentionnées précédemment.

En premier lieu, si nous avons à recommander la mise en œuvre d'une approche qui s'inspire des résultats de ce projet, nous recommanderions de miser encore davantage sur les connaissances et les expériences des experts. En effet, c'est la récolte de données de qualité homogène pour l'ensemble du territoire d'étude qui a consommé la plus grande part de nos ressources. Or, cet effort pour produire une information de qualité scientifiquement éprouvée, ne s'est pas avéré judicieux pour atteindre l'objectif de fournir une réponse concrète et à court terme aux changements climatiques. L'étude nous amène à recommander aux décideurs d'assumer le risque politique de décisions qui peuvent s'avérer non optimales. Une telle prise de risque est nécessaire, selon nous, afin de répondre au besoin d'une planification de l'adaptation en gardant en tête le double objectif d'économie des ressources (le report des mesures peut être très coûteux) et d'équité (le report des mesures expose d'avantage les plus vulnérables). En d'autres termes, l'adaptation aux changements climatiques est fondamentalement un problème d'aide à la décision, où l'enjeu consiste à apporter aux décideurs la meilleure information disponible, dans le contexte où une décision ne peut être reportée sans conséquence.

Ainsi, malgré les difficultés rencontrées lors de l'évaluation des risques, qui avait pour originalité d'être fondée sur la prise en compte d'une dimension subjective appréciée par des experts, nous suggérons d'affirmer encore plus clairement que le risque est un construit socialement situé. Concrètement, cette prise de position permet de diminuer encore la part des données objectives dans

cette évaluation pour privilégier des espaces de discussion ou de négociations autour des niveaux de risque. Cette approche, s'appuyant sur l'expérience et les connaissances non formalisées des personnes mobilisées, serait plus facile à mettre en œuvre. La nature qualitative des résultats produits servirait selon nous de fondement solide pour la suite de la démarche.

Cela dit, cette recommandation en faveur d'un passage à l'action même dans un contexte où les données ne sont pas complètes n'évacue pas la recommandation complémentaire de procéder, dès maintenant, au développement de données et à la compilation d'information dans les différents services municipaux. Si l'on peut agir sans attendre un portrait parfait et complet de la situation (qui est sans doute illusoire, de toutes façons), on peut aussi travailler à une meilleure documentation des composantes du territoire et à leur recueil systématique.

Dans la prolongation, nous recommandons, pour les démarches s'appliquant aux villes d'une certaine taille, de porter une grande attention à la dimension transcalaire de l'approche. Chaque échelle dispose de son propre jeu de données et chaque thème de sa (ou de ses) propre(s) échelle(s). L'arrimage des ressources humaines et financières des municipalités à celles des municipalités régionales de comté ou des communautés métropolitaines s'avère, dans ce contexte, très pertinent, voire essentiel.

Un traitement différencié des échelles spatiales selon le thème abordé peut aussi grandement renforcer l'approche. Alors que les enjeux de l'adaptation des transports et de la mobilité se situent essentiellement à l'échelle de l'agglomération, ceux de l'approvisionnement en eau potable se situent à l'échelle des réseaux (partie d'agglomération) et les îlots de chaleur à l'échelle des quartiers. Une telle différenciation s'avère pertinente pour réfléchir à chaque question et la mettre dans son contexte. Un thème pourrait ainsi apparaître ou disparaître selon l'échelle et pourrait aussi être présent à toutes les échelles. Il nous semblerait par ailleurs important de considérer une échelle intermédiaire entre celle de l'agglomération et celle des quartiers. Cette échelle pourrait être celle de l'arrondissement, par exemple. L'arrimage entre les différentes échelles pourrait se faire de façon progressive ou additionnelle.

Enfin, il s'agirait aussi de donner plus d'importance à l'observation des dynamiques urbaines et ce, dès les premières étapes de la démarche, donc en élaborant le diagnostic territorial des enjeux d'adaptation. Ainsi, le processus de définition des secteurs prioritaires pourrait prendre la forme d'un cycle itératif plutôt que linéaire, combinant des récoltes de données, des appréciations structurées d'experts et des ateliers de discussion. Ce cycle verrait, en parallèle, à la saisie des dynamiques urbaines, à la définition et à l'évaluation des risques. On pourrait ainsi cibler plus rapidement les secteurs prioritaires, en s'appuyant, tel que suggéré plus haut, sur des analyses de risque plus sommaires et qualitatives et en adoptant une forme plus délibérative, où les secteurs prioritaires seraient négociés entre experts des risques et professionnels de l'aménagement.