

# Changements climatiques, étalement urbain et aménagement physico-spatial

## Recension de la littérature et cadre conceptuel<sup>1</sup>

Qiu Feng et Pierre Gauthier

Département de géographie, urbanisme et environnement  
Université Concordia

---

<sup>1</sup> Ce rapport constitue une version condensée et traduite en français d'un rapport plus détaillé produit dans le cadre de la présente recherche: Feng, Q. et P. Gauthier (2018) *Urban Sprawl and Climate Change: A Survey of the Pertinent Literature on Physical Planning and Transportation Drivers*.

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



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

Canada

Fondsvert Québec 

## Table des matières

1. Introduction.....	4
2. Contexte et objectifs.....	4
3. Cadres théorique et conceptuel généraux.....	6
4. Méthodologie.....	8
5. Résultats et analyses.....	9
6. Conclusions et recommandations.....	36
7. Références.....	38

## 1. Introduction

La crise des changements climatiques se déploie évidemment à une échelle planétaire, globale. Elle est attribuable de manière prépondérante à l'activité humaine. La combustion des énergies fossiles et la production de gaz à effet de serre (GES) qui s'ensuit, notamment le CO<sub>2</sub>, viennent en tête de liste des causes répertoriées. Les changements climatiques touchent la plupart des systèmes naturels. Les phénomènes qui leur sont associés sont multifformes et multi-scalaires, ce qui rend difficile l'appréhension des causes et des effets. Les liens entre les modes d'occupation du territoire et les changements climatiques ne font pas exception à cet égard. Même en excluant du bilan la part plus spécifiquement imputable à leurs activités industrielles, les villes sont grandes consommatrices d'énergies fossiles. Le volume de déplacements quotidiens dans des véhicules mus par des moteurs à combustion est la plus grande source de consommation, suivi par l'énergie utilisée pour le chauffage et la climatisation des bâtiments. La distribution spatiale des populations et des activités, de même que les formes architecturales et urbaines influent sur la consommation d'énergie associée aux transports, dans la mesure où ces conditions matérielles et spatiales informent les volumes et les modalités de déplacements. Mais il y a beaucoup plus. Les modes d'urbanisation en vigueur depuis la seconde moitié du 20<sup>ième</sup> en particulier, ont eu pour effets la destruction et la déstructuration à grande échelle des milieux naturels ainsi que la perte massive de terres agricoles. De telles transformations se paient aujourd'hui à fort prix. D'une part, elles se traduisent par une perte de biomasse qui est aussi une perte de capacité de stockage de carbone. D'autre part, les caractéristiques de ces environnements bâtis ont pour effet d'accroître la vulnérabilité des populations à l'égard des conséquences des changements climatiques. En outre, la ville étalée est, à juste titre, réputée énergivore et gaspilleuse de ressources.

## 2. Contexte et objectifs

Dans le contexte québécois en particulier, les formes de l'urbanisation et l'impact de ces dernières sur les transports sont au cœur des enjeux sur les changements climatiques. Le développement urbain au Québec fut globalement conforme aux tendances nord-américaines. Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, l'étalement urbain y a sévit, en particulier autour des villes de Québec et Montréal. Le Québec s'est engagé à réduire ses émissions de GES de 37,5% en deçà du niveau de 1990 d'ici 2030. En 2014, environ 41% des émissions étaient imputables au secteur des transports, incluant 33,6% des émissions totales spécifiquement attribuables au transport routier (Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques, 2016). Bien que les émissions totales soient passées de 89,5 à 81,7 millions de tonnes entre 1990 et 2015, à l'inverse des autres secteurs d'activité, les transports ont vu leurs émissions s'accroître de 21,3% au cours de la même période (Gouvernement du Québec, 2018). Ces augmentations sont principalement dues au fait que la flotte de véhicule s'accroît beaucoup plus rapidement que la population, à la croissance de la moyenne de kilomètres parcourus par véhicule, ainsi qu'à la popularité croissante des véhicules plus volumineux et plus énergivores. Le nombre total d'automobiles et de camions légers immatriculés au Québec est ainsi passé à 4,67 millions, en hausse de 35%, entre 2001 et 2016 (Société de l'assurance automobile du Québec, 2016). Le nombre de véhicules en circulation de même que le nombre de kilomètres parcourus sont étroitement liés aux modes d'urbanisation et en particulier à l'étalement urbain qui prévaut en périphérie des grandes villes. Tellier et Gelb (2018) ont développé un index synthétique de l'étalement urbain basé sur le ratio de la densité des banlieues à la périphérie reporté sur la densité de la ville centrale. En vertu de cet index, la ville de Québec a vu une augmentation de son étalement de l'ordre de 19,08% entre 2006 et 2016, alors que Montréal a connu une augmentation de 11,00% au cours de la même période.

Tracer les liens entre l'étalement urbain et les changements climatiques afin d'en mieux comprendre les tenants et aboutissants, et dans le but d'intervenir en connaissance de cause pour l'aménagement du territoire est plus complexe qu'il n'y paraît. Une part des difficultés en cause renvoie à la manière de définir l'étalement, ainsi qu'aux façons de caractériser ce dernier et d'en quantifier les attributs prégnants. Un autre aspect problématique touche l'identification des conditions de la ville étalée qui contribuent directement ou indirectement aux changements climatiques ou qui accroissent les vulnérabilités à l'égard des impacts qui en découlent. À cet égard, il faut tenir compte des impacts environnementaux croisés touchant à la fois le climat et les autres systèmes naturels qui sont également mis à mal par les formes d'urbanisation actuelles. **Cette recherche recense la littérature scientifique portant sur les liens entre la ville étalée et les changements climatiques. Elle entend d'abord faire la lumière sur ce qui est entendu par le concept d'étalement urbain, avant d'étayer les liens entre cette forme de développement et les changements climatiques.** De tels liens sont discernables, en amont et en aval. En amont, se trouvent les manières dont la ville étalée contribue à la crise des changements climatiques, directement ou indirectement, par son bilan carbone. En aval, ces liens renvoient aux qualités de la ville étalée qui affectent négativement la capacité des milieux urbains à résister aux impacts actuels et appréhendés de ces changements.

Bien que l'étalement urbain ait été l'objet de recherches abondantes dans les études urbaines, la notion demeure marquée par nombre d'ambiguïtés. Le phénomène fait l'objet de débats quant à sa définition, aux manières de le caractériser et de le mesurer, ainsi qu'à l'égard de ses causes et de ses conséquences. L'étalement est multidimensionnel. Le terme fut alternativement comme nom, verbe et comme adjectif (Galster et al., 2001). L'étalement fut décrit comme un état de fait, un processus, un résultat, un phénomène, un fait, une conséquence, une dynamique, etc. Le contexte des changements climatiques et autres crises environnementales appelle néanmoins à une meilleure intelligence du phénomène, compte tenu de ses impacts négatifs avérés. Il existe un consensus fort dans la littérature urbanistique à l'effet que la ville étalée est génératrice de fortes externalités environnementales, et qu'inversement, la ville dite compacte a une empreinte écologique moindre. De telles prétentions sont globalement accréditées par la recherche scientifique. Mais il demeure difficile de traduire les résultats de la recherche empirique en pratiques urbanistiques fondées sur des données probantes (evidence-based). Un certain nombre de considérations aident à expliquer cet état de fait.

L'urbanisme propose, par définition, une approche intégrée du développement urbain. Or, la recherche, fondamentale ou appliquée, est fragmentée, par nature. La recherche est chaque fois contrainte par ses limites disciplinaires et par la spécificité de ses méthodes d'analyse. Il s'ensuit des résultats fragmentaires, et quelquefois antinomiques, qui sont de ce fait difficiles à traduire en termes urbanistiques. Qui plus est, les liens entre les formes du développement urbain, les changements climatiques, et l'environnement plus globalement, sont complexes. Il est difficile de dénouer l'écheveau des causes et des conséquences : certaines pratiques de développement ont un coût environnemental directement observable et mesurable alors que d'autres externalités se font sentir indirectement, par effets de rétroaction. Finalement, les concepts couramment utilisés pour décrire et qualifier le développement urbain sont souvent vagues ou approximatifs. Les notions de ville étalée et de ville compacte sont représentatives à cet égard. Bien qu'évocatrices, elles désignent des conditions antithétiques qui se situent aux extrémités d'un spectre par ailleurs continu (Ewing and Shima, 2015 ; Ewing, 1997). Ni l'un ni l'autre de ces termes n'est à même de saisir l'éventail des manifestations que l'étalement ou la compacité urbaine peuvent produire. En outre aucun terme n'existe pour désigner les conditions intermédiaires entre ces deux cas de figure.

En dépit des limitations du concept de la ville étalée, la recherche sur cette dernière est celle qui a le plus contribué à l'exploration des liens entre les formes physico-spatiales de la ville, les changements climatiques, et le développement durable plus généralement. Il est utile en conséquence de revenir sur ce champ de

recherche. **D'emblée nous explorerons comment la notion d'étalement urbain fut définie, problématisée, avant d'être caractérisée et mesurée.** Les réponses à chacune de ces questions informent l'appréhension qui peut être faite des impacts environnementaux de l'étalement urbain. L'exercice ne vise ni l'exhaustivité ni la re-problématisation de la notion d'étalement – bien que nous proposons une définition de notre crû visant à lever un certain nombre d'ambiguïtés. Le travail entend plutôt développer un cadre de référence permettant d'ordonner ou de « cartographier » les thèmes abordés par la recherche explorant les articulations entre la ville étalée et l'environnement. **Le travail se focalise sur études portant sur formes matérielles et spatiales de l'étalement, en excluant les analyses portant sur les causes et conséquences économiques, politiques, sociales ou culturelles de cette forme de développement.** Cette approche est cohérente avec les principes de la morphologie urbaine, une discipline qui a pour objets d'étude les artefacts et les formes spatiales dans leur contexte géographique élargi, et qui conçoit l'environnement anthropique comme système dynamique. **La priorité est également donnée à la recherche quantitative sur l'étalement, et sur les relations entre ce dernier et les changements climatiques.** Ces critères découlent d'un opportunisme de bon aloi. Le fait d'aborder l'étalement urbain depuis une perspective matérialiste et systémique permet de situer de tels environnement dans leur contexte urbain plus large, constitué à la fois de structures anthropiques et d'un substrat naturel. De même, le fait de privilégier les approches quantitatives facilite l'analyse comparative des méthodes et des résultats de la recherche.

### **3. Cadre théorique et conceptuel général**

#### L'espace anthropique et l'environnement

Il est opportun de tâcher clarifier en quoi l'espace anthropique s'inscrit dans l'environnement naturel, et comment certaines modalités d'occupation et pratiques du territoire contribuent à la crise des changements climatiques et aux autres crises environnementales de notre époque. La figure 1 offre une représentation schématique des articulations entre les habitats humains et lesdites crises. L'objectif est de situer les thèmes abordés ci-après dans notre étude, dans un contexte plus général tout en clarifiant les liens entre les dynamiques environnementales et les dynamiques urbaines. La portion gauche du diagramme situe l'anthroposphère, à savoir l'espace anthropique incluant les établissements humains, dans le contexte plus large de la géosphère (Conzen, 2004). La portion droite du diagramme énumère notamment les systèmes terrestres qui sont en crise, incluant le climat, et identifie certaines causes anthropiques qui sont à l'origine de ces crises, notamment les facteurs relevant de, ou influencés par, l'urbanisme physico-spatial. La portion centrale du schéma illustre comment les dynamiques naturelles et anthropiques sont imbriquées en contexte urbain, et détaille les thèmes spécifiquement abordés ci-après dans ce rapport. Les cases sur fond gris indiquent les aspects plus proprement touchés. Une bonne manière de résumer l'approche préconisée est de dire qu'elle se focalise sur les aspects du développement et de la gestion urbains qui tombent sous la coupe de l'urbanisme physico-spatial (à savoir le cadre bâti, incluant les infrastructures, l'affectation du sol et les transports)

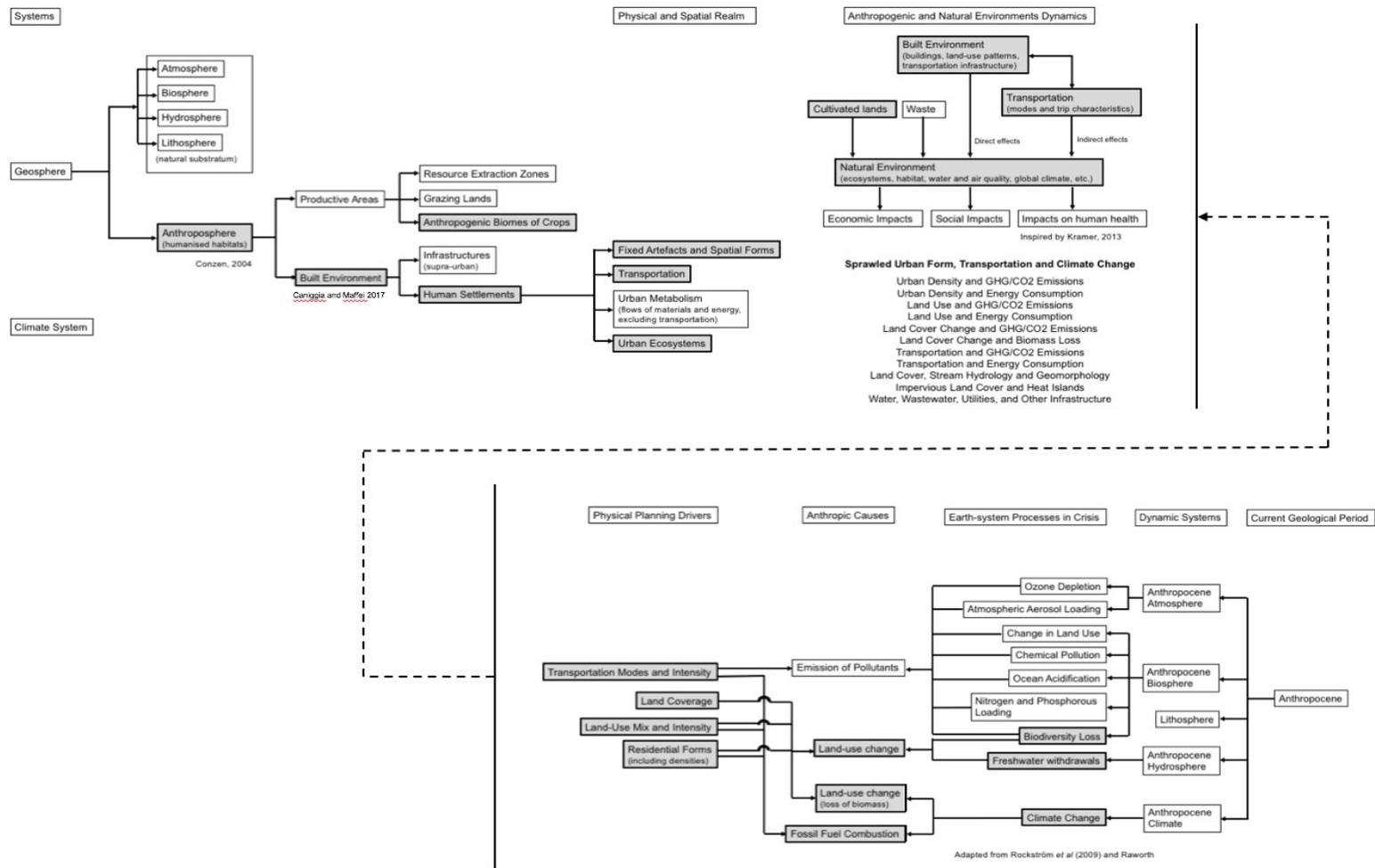


Figure 1. Schéma des dynamiques anthropiques et naturelles de l'urbanisation

#### 4. Méthodologie

Le cadre conceptuel général fut présenté dans la section précédente en guise d'entrée en matière (Figure 1). Ce schéma des dynamiques anthropiques et naturelles de l'urbanisation est le produit d'une démarche à la fois inductive et déductive qui fut au cœur de cette recherche. Le géographe et morphologue urbain MRG Conzen clarifie le statut de l'anthroposphère dans le contexte plus large de la géosphère (Conzen, 2004). Rockström et ses collègues nous offrent par ailleurs une synthèse de la recherche sur les crises environnementales qui marquent l'Anthropocène (Rockström et al., 2018). Ce canevas de base a permis d'organiser la revue de la littérature pertinente à notre sujet. De fil en aiguille, le portrait d'ensemble nous est apparu et il nous fut possible de « cartographier » les principaux chantiers scientifiques informant les rapports entre l'étalement urbain et les changements climatiques. L'approche préconisée fut la « revue critique » de la littérature. Cette approche ne prétend pas à l'exhaustivité, mais permet de concilier différentes perspectives théoriques et disciplinaires (Grant et Booth, 2009), tout en tenant compte de la grande diversité des sources couvrant un large spectre épistémique (allant de la recherche fondamentale à la recherche appliquée).

La première étape de la recension de la littérature a consisté à identifier des articles présentant une revue de littérature portant sur des sujets et des objectifs semblables aux nôtres. Sept articles-clé ont ainsi été identifiés :

- *Compactness versus Sprawl: A Review of Recent Evidence from the United States* by Ewing and Hamidi (2015);
- *Investigating the interplay between transport, land use and the environment: a review of the literature* by Yigitcanlar and Kamruzzaman (2014);
- *The Environmental Impacts of Sprawl: Emergent Themes from the Past Decade of Planning Research* by Wilson and Chakraborty (2013);
- *The Costs of Sprawl—Revisited* by Burchell et al. (2002);
- *Environmental impacts of urban sprawl: a survey of the literature and proposed research agenda* by Johnson (2001);
- *The Costs of Sprawl-Revisited* by Burchell et al. (1998), and;
- *Characteristics, Causes, and Effects of Sprawl: A Literature Review* by Ewing (1994).

Cet exercice préliminaire a permis de constituer une première bibliographie et de relever les principaux thèmes abordés dans la littérature scientifique. Sur cette base, une recherche plus systématique fut conduite portant sur les articles publiés dans les revues de langue anglaise entre 1979 et 2018 et recensés principalement dans la base de données Web of Science® de l'ISI. La recherche menée à l'aide d'une série d'itérations fondée sur des combinaisons des mots-clés suivants (et de leurs synonymes) : (urban sprawl OR sprawl) AND (climate change or global warming or greenhouse gas emission\* OR CO2) AND (transportation OR land use\* OR land use\*).

Cette opération a généré un total de 220 contributions incluant 187 articles scientifiques, 25 *proceedings papers*, 5 éditoriaux et 9 recensions. La répartition des contributions par thèmes se décline comme suit : *Environmental sciences*, 70 contributions (représentant 31.81% du total) ; *Environmental Studies*, 53 contributions (24.09%); *Urban Studies* 31 contributions (14.09%); *Ecology*, 24 contributions (10.91%) ; *Water Resources*, 22 contributions (10%); *Green Sustainable Science Technology*, 22 contributions (10%); *Geosciences Multidisciplinary*, 17 contributions (7.73%); *Geography*, 15 contributions (6.82%); *Economics*, 15 contributions (6.82%); *Planning Development*, 15 contributions (6.82%). Du total, 218 contributions sont en anglais (99%), une en italien et une en

Turque. Après une lecture plus attentive des résumés et de la liste des mots-clés, 60 contributions furent retenues pour analyse. Les bibliographies des articles retenus ont permis d'identifier d'autres contributions pertinentes, notamment des livres, ouvrages et rapports gouvernementaux qui y figuraient de manière récurrente. Du nombre, il faut noter les rapports du GIEC - *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, de l'Agence européenne pour l'environnement - *European Environment Agency (EEA)*, le *Transit Cooperative Research Program (TCRP)*. La recherche documentaire et l'analyse bibliographique croisée nous a permis de constituer une bibliographie de quelque 200 titres nous permettant de dresser un portrait général de la recherche portant sur l'étalement urbain en rapport aux changements climatiques.

## 5. Résultats et analyses

### 5.1. L'étalement urbain

#### 5.1.1 L'étalement urbain, définitions et conceptualisations

Le terme *urban sprawl* ou étalement urbain serait apparu dans la littérature dans les années 1950 (Burchell et al., 1998). Plusieurs auteurs situent néanmoins l'apparition du phénomène au tournant du 20<sup>ème</sup> siècle (Barrington-Leigh and Millard-Ball, 2015 ; Frenkel and Ashkenazi, 2008 ; Gillham, 2002 ; Mitchell, 2001 ; Burchell et al., 1998 ; Ewing, 1994 ; Harvey and Clark, 1965). Cette période coïncide avec une forte croissance démographique des villes nord-américaines accompagnée du développement des réseaux de tramways permettant le déploiement spatial urbain sur un territoire plus étendu. Torrens (2008, p.6) avance prosaïquement que « la croissance urbaine doit bien aller quelque part ». Il est néanmoins utile de souligner que l'expansion spatiale des villes à la périphérie n'est pas la seule modalité permettant d'absorber la croissance démographique. Les autres modalités incluent la croissance de la ville sur elle-même, par la construction des espaces libres, incluant à l'échelle de la parcelle urbaine ; de même que la croissance verticale, par l'augmentation du nombre d'étages. Bien que la poussée démographique ait pu justifier l'expansion spatiale des villes du continent au cours du siècle dernier, le développement à la périphérie s'y est déployé à une échelle autrement plus importante que la seule croissance de la population ne l'aurait exigé. Qui plus est, les formes d'urbanisation à la périphérie se sont traduites en niveaux de consommation de sols sans précédent. C'est là l'une des tendances les plus dramatiques de l'urbanisation de ce siècle. Le processus est en outre marqué par une décroissance continue des densités résidentielles moyennes au gré du développement à la périphérie. De tels modes d'urbanisation vont évidemment de pair avec la généralisation de l'usage de l'automobile. Ces considérations renvoient à la nécessité de définir la notion d'étalement.

Cette dernière implique davantage que la simple urbanisation de la périphérie urbaine. Le terme dénote une forme d'urbanisation caractérisée par une occupation du sol de faible intensité. La plupart des définitions portent cette idée de manière plus ou moins précise, mais aucune définition unitaire ne fait consensus. C'est d'ailleurs un motif récurrent de la littérature sur l'étalement que de souligner l'absence de consensus sur sa définition (Hamidi and Ewing, 2014 ; Hamidi et al., 2015 ; Zeng et al., 2014 ; Torrens, 2008 ; Cutsinger, et al., 2005 ; Wilson et al., 2003 ; Barnes et al., 2001 ; Galster et al., 2001 ; Johnson, 2001 ; Burchell et al., 1998 ; Ewing, 1997). Cette situation découle largement des difficultés inhérentes à la caractérisation des qualités spatiales de l'étalement, de même qu'à l'impossibilité d'établir empiriquement des seuils d'intensité d'occupation des sols qui en déterminerait les limites objectives. De tels seuils ne peuvent être établis que sur la base de définitions opérationnelles. En outre, les définitions sont souvent teintées par la perspective et les prérogatives professionnelles particulières de leurs auteurs : architectes,

urbanistes, courtiers immobiliers, banquiers, etc. (Barnes et al., 2001 ; Banai et DePriest, 2014). Tâchant d'y voir plus clair, Wilson et Chakraborty (2013) ont identifié trois catégories de définitions. Ils arguent que l'étalement y est alternativement conceptualisé comme la conséquence d'une externalité négative ; comme une forme particulière de développement urbain ; ou comme un phénomène en soit. Le tableau 1 recense quelques définitions que nous avons relevées dans la littérature afin d'illustrer la diversité des perspectives manifestées.

Auteur(s) (Année de publication)	Définition de l'étalement urbain	Particularités de la définition
<b>Burchell et al., (1998)</b>	"Density, or more specifically, low density, is one of the cardinal defining characteristics of sprawl. But density has to be set in context... Sprawl is not simply development at less than-maximum density ; rather, it refers to development ... at a low relative density, and one that may be too costly to maintain." (p.6)	By insisting on setting density "in context" and by pointing to the potential costs of low density, the definition stress that sprawl should be assessed in relative terms: i.e. relative to localised circumstances (cultural, geographical, etc.) and relative to a sound use of the resources in that particular context
<b>Sierra Club, (1998)</b>	"low-density, automobile-dependent development beyond the edge of service and employment areas"	The definition stresses some of sprawl's spatial characteristics (density, position relative to service etc.) and effects (automobile dependence).
<b>Nelson et Duncan, (1999)</b>	"Unplanned, uncontrolled, and uncoordinated single-use development that does not provide for an attractive and functional mix of uses and/or is not functionally related to surrounding land uses and which variously appears as low density, ribbon or strip, scattered, leapfrog, or isolated development." (p.1)	The definition mixes normative and affective criteria (functional, attractive), spatial attributes (scattered, isolated, etc.) and the characterization of development processes (uncontrolled, etc.).
<b>Barners et al., (2001)</b>	"sprawl as a pattern of land-use/land cover conversion in which the growth rate of urbanized land (land rendered impervious by development) significantly exceeds the rate of population growth over a specified time period, with a dominance of low-density impervious surfaces". (p.4)	The definition refers to an urbanization processes (land cover conversion, ratio land urbanized/population growth) and the resulting spatial patterns (land-use) and spatial properties (density, impervious surfaces, etc.)
<b>Galster et al., (2001)</b>	"Sprawl (n.) is a pattern of land use in a UA that exhibits low levels of some combination of eight distinct dimensions: density, continuity, concentration, clustering, centrality, nuclearity, mixed uses, and proximity". (p.685)	Sprawl is defined in purely spatial terms, as the pattern resulting from the combination of eight properties manifested at "low-levels" of intensity. The said properties allow quantification, hence inaugurating the "first multidimensional measures of sprawl by disaggregated land-use patterns into eight different dimensions" (Ewing and Hamidi, 2014). Intensity thresholds ("low") are as per operational definitions
<b>Jaeger et al., (2010)</b>	"A landscape suffers from urban sprawl if it is permeated by urban development or solitary buildings. For a given total amount of build-up area, the degree of urban sprawl will depend on how strongly clumped or dispersed the patches of urban area and buildings are ; the lowest degree of sprawl corresponds to the situation when all urban area is clumped together into the shape of a circle. The highest possible degree of sprawl	Sprawl is defined in spatial and topological terms and as a gradient, which take into consideration the developed, or "built" land cover.

	is assumed in an area that is completely built over. Therefore, the more urban area present in a landscape and the more dispersed the urban patches, the higher the degree of urban sprawl". (p.400)	
<b>Jaeger and Schwick, (2014)</b>	"A landscape suffers from urban sprawl if it is permeated by urban development or solitary buildings and when land uptake per inhabitant or job is high. The more area built over and the more dispersed the build-up area, and the higher the land uptake per inhabitant or job (lower utilization intensity in the built-up area), the higher the degree of urban sprawl". (p.296)	Further from Jaeger et al. 2010 definition, sprawl is defined in spatial and topological terms and as a gradient, which takes into consideration the developed, or "built" land cover as well as land uptake (expressed in ratios inhabitants/land area and jobs/land area).
<b>Ewing, Tian, and Lyons, (2018)</b>	"sprawl is operationally defined as low density, single use, uncentered, or poorly connected development". (p.96)	This operational definition of sprawl centers on four spatial characters affecting the distribution of people and urban functions (land-use) and the configurational properties of the street network (connectivity).

**Tableau 1. Échantillon de définitions de l'étalement urbain**

Les définitions de l'étalement varient grandement en fonction des perspectives disciplinaires, théoriques et méthodologiques, de même que des visées heuristiques (recherche fondamentale ou appliquée) de leurs auteurs. En conséquence chacune de ces définitions est plus ou moins englobante, complète, détaillée, inclusive, complexe ou multidimensionnelle. Tel que l'illustre le tableau 1, aucune définition unitaire ne peut pleinement saisir la complexité du phénomène de l'étalement urbain. Toutefois, la plupart des définitions tournent autour d'un petit nombre de thèmes récurrents. Ainsi, l'étalement présente des dimensions spatiales et temporelles. De ce fait, le terme réfère tantôt à un procès d'urbanisation, tantôt aux formes matérielles et spatiales qui en découlent. Entendu en termes spatiaux, l'étalement renvoie à certaines modalités d'occupation du territoire touchant à la fois le couvert végétal et la couvert bâti (*land coverage*), et l'affectation du sol. L'affectation du sol renvoie à la distribution spatiale des populations et des activités, de même qu'aux structures matérielles qui accueillent et supportent ces dernières. L'étalement est associé à une utilisation du sol de faible intensité. À défaut d'une définition normative ou opérationnelle fixant les seuils de « faible intensité », l'étalement peut seulement être conçu et défini en termes relatifs. Autrement dit, l'étalement manifeste une intensité d'occupation du territoire plus faible que d'autres secteurs de la même aire urbanisée présentant des opportunités et contraintes géographiques et spatiales similaires. Nous avançons donc la définition suivante :

**Le terme *étalement urbain* dénote un procès d'urbanisation qui produit des modes d'occupation du territoire caractérisés par des formes physico-spatiales qui servent leurs fins de manière sous-optimale en rapport à leurs contextes géographique, culturel et technologique, et au regard des précédents historiques locaux.**

Cette définition est vague, à escient, en ce qui a trait aux attributs et propriétés spatiales de l'étalement, de même qu'à l'égard des processus génératifs et de leurs conséquences. La littérature ne produit pas de portrait unifié à ces égards, mais quelques thèmes s'en dégagent néanmoins, en particulier en ce qui a trait aux caractéristiques spatiales de l'étalement. La recherche s'entend sur le fait que l'étalement produit des

configurations spatiales reconnaissables, voire mesurables, et différenciées par rapport aux formes denses ayant caractérisé l'urbanisation avant le 20<sup>ème</sup> siècle.

Le tableau 2 recense les caractéristiques spatiales de l'étalement, telles que rapportées dans des articles fréquemment cités sur cette question. L'échantillon se veut représentatif de la littérature sur le sujet. L'identification des caractéristiques spatiales de l'étalement est essentielle à la définition du phénomène et à son opérationnalisation pour l'analyse. L'exercice ouvre en outre la possibilité d'analyser quantitativement les diverses manifestations de ce dernier. Le tableau 2 inclut des références – présentées entre crochets – à la dépendance à l'automobile du fait que cette caractéristique fonctionnelle est fortement déterminée par les configurations spatiales de l'étalement. En excluant ce dernier aspect, les caractéristiques incluses renvoient toutes à l'une ou l'autre de deux grandes catégories, à savoir : les conditions géométriques de l'étalement à proprement parler, et le mode d'assemblage de l'occupation du sol.

Lorsque les morphologues analysent le système de l'environnement bâti, ces derniers sondent les artefacts et les formes spatiales à l'aide de variables répondant de trois grandes catégories géométriques : la configuration (appréhendée par l'analyse morphométrique) ; les dimensions (appréhendées par l'analyse métrologique), et ; la position relative, renvoyant aux règles de syntaxe spatiale ou aux relations topologiques partie/partie et partie au tout (appréhendées par l'analyse méréologique). Les expressions telles *ribbon development, continuous, discontinuous, leap frog, and scattered*, renvoient toutes à la configuration. Elles ouvrent à la possibilité de conduire des analyses de type morphométriques. Les expressions *expanse, widespread, and low density*, referent évidemment à des propriétés dimensionnelles (incluant la concentration, une dimension relative) se prêtant à des analyses métrologiques. Les termes *spatially segregated or network connectivity* quant à eux, indiquent une position relative dans l'espace. Elles ouvrent la voie à des analyses topologiques et à des analyses de syntaxe spatiale. Les références aux *single-use development, land-uses, commercial strips, land-use mix, and segregated land-uses* ont toutes trait à la composition et aux modes d'assemblage des affectations du sol dans la ville étalée. Ces propriétés de la forme appellent à la caractérisation, incluant la quantification, de la composition de l'occupation du sol, et à l'évaluation du degré d'homogénéité ou d'hétérogénéité des environnements urbanisés par exemple.

Auteur(s) (Année de publication)	Caractéristiques spatiales de l'étalement urbain
Harvey et Clark, (1965)	continuous low density, ribbon development extending out from the city, discontinuous or leap-frog development.
Ewing, (1997, 1994)	leapfrog or scattered, low-density, single-use development
Burchell et al., (1998)	low density, unlimited outward expansion, land uses spatially segregated, leapfrog development, widespread commercial strip development ;

<b>Squires 2002, in Stone et Frumkin, (2010)</b>	geographic expansion over large areas, low-density land use, low land-use mix, low connectivity, [and heavy reliance on automobiles relative to other modes of travel]
<b>Zhao, (2010)</b>	Low density and dispersed development in physical aspect, and a low degree of local mixed land use in functional aspect.
<b>Ewing et Hamidi, (2014)</b>	leapfrog or scatted development, commercial strip development, expenses of low-density development, or expenses of single-use development. [one prominent functional indicator of sprawl: poor accessibility]
<b>Jaeger et al., (2015)</b>	spatial expansion of urban areas, scattering of settlements, i.e., how dispersed patches of built-up areas are, low-density development (i.e. area-intensive growth). (p.58)
<b>Barrington-Leigh et Millard-Ball, (2015)</b>	low densities, spatially segregated land uses, a street network with low connectivity. (p.8244)
<b>Ewing, Tian, et Lyons, (2018)</b>	[poor accessibility and automobile dependence].

**Tableau 2. Les caractéristiques spatiales de l'étalement urbain**

### 5.1.2 Quantifier l'étalement urbain

Comme il ressort des discussions précédentes, l'opérationnalisation de la notion d'étalement urbain renvoie à la possibilité de caractériser les environnements qui manifestent de telles conditions spatiales, et notamment de quantifier leurs attributs spatiaux, afin d'établir empiriquement ce qui les distingue d'environnements dits compacts. Il existe une littérature abondante traitant de méthodes destinées à mesurer l'étalement urbain. Ces méthodes sont étonnamment variées (Banai and DePriest, 2014, p.1 ; Jaret et al., 2009), et incluent nombre d'index développés à cette fin (Laidley, 2016 ; Barrington-Leigh et Millard-Ball, 2015 ; Ewing et Hamidi, 2014 ; Jaeger et Schwick, 2014 ; Kaczynski, Galster et Stack, 2014 ; Song, Popkinb, et Gordon-Larsenb, 2013 ; Jaeger et al., 2010 ; Frenkel et Ashkenazi, 2008 ; Torrens, 2008 ; Lee et Gordon, 2007 ; Cutsinger et al., 2005 ; Song et Knaap, 2004 ; Reid, Pendall, et Chen, 2003 ; Fulton et al, 2001 ; Pendall, 2001 ; Galster et al., 2001 ; Malpezzi et Guo, 2001 ; etc.). Pour tâcher d'y voir clair, Ewing and Hamidi (2015) proposent une classification des méthodes qui tient compte de l'évolution des approches et des outils analytiques à proprement parler. Ils divisent ainsi les contributions en trois catégories qui correspondent à autant de périodes. La première phase court depuis l'origine d'un tel effort de recherche à la fin des années 1980, jusqu'à l'an 2000 inclusivement. La seconde période s'étend de 2001 à 2010 et la troisième va de 2011, au moment où ils publient un article sur le sujet en 2015. Le Tableau 3 présente les méthodes les plus souvent citées, et qui sont représentatives des périodes en question, auxquelles nous avons ajouté quelques méthodes jugées prometteuses.

La première période marque les premières tentatives de quantification de l'étalement. Les méthodes sont assez rudimentaires et demeurent unidimensionnelles (Ewing and Hamidi, 2015, p.414). Les premières études se focalisent sur la croissance rapide à la périphérie et sur la mesure des densités exprimée par exemple par le ratio population métropolitaine/aire urbanisée (Fulton et al., 2001). La seconde vague d'études prend appui sur le développement rapide des systèmes d'information géographique (les SIG, ou GIS en anglais), des techniques de télédétection satellitaire (*remote sensing*), et de la prolifération de données spatiales qui s'en est ensuivie. Une telle évolution technologique a pavé la voie à des approches multifactorielles, multidimensionnelles, voire multidisciplinaires, permettant la quantification de plusieurs dimensions de l'étalement sur la base d'une variété d'indicateurs (Ewing and Hamidi, 2014 ; Song, Popkin, and Gordon-Larsen, 2013 ; Torrens, 2008 ; Barnes et al., 2001). Galster et al. (2001) sont crédités pour avoir développé le premier ensemble d'indices multidimensionnels extensif, qui demeure le plus utilisé à ce jour (Laidley, 2016 ; Hamidi and Ewing, 2014). Leur approche catégorise le mode d'utilisation et d'occupation des sols (land-use patterns) à travers huit aspects : la densité, la continuité, la concentration, le groupement (*clustering*), la centralité, la « nucléarité » (nuclearity), la variété des usages (mixed uses heterogeneity) et la proximité. Cutsinger et al. (2005) porteront les huit dimensions de Galster et son équipe, à douze. Préconisant une approche légèrement différente, Ewing, Pendall, and Chen (2003) développent une méthode reposant sur quatre paramètres (*metrics*) – la densité de développement ; la centralité des activités (*activity centrality*) ; la variété des usages (land-use mix) ; et l'accessibilité des voies (*street accessibility*) – traduits en autant d'indicateurs, et combinés dans un indice composite compacité/étalement. Leur méthode est particulièrement prisée par la recherche portant sur les rapports entre l'environnement bâti et la santé. Certaines études plus récentes tâchent d'ouvrir l'analyse quantitative de l'étalement à d'autres perspectives disciplinaires, notamment l'écologie (Frenkel and Ashkenazi, 2008). La troisième vague de méthodes quantitatives est marquée par la volonté d'introduire la dimension temporelle dans l'analyse.

Le raffinement croissant des méthodes ne lève pas pour autant toutes les hypothèques méthodologiques. Le phénomène de l'étalement demeure rétif à l'analyse en raison de sa complexité et de la multiplicité de ses manifestations. En outre, différentes méthodes ont eu pour effet de livrer pour une même ville des résultats contradictoires, du moins en apparence (Ewing and Hamidi, 2015 ; Jaeger et al., 2010). Un des problèmes mis en cause par Torrens (2008) est le manque d'assises théoriques pour soutenir l'analyse. Il allègue que les méthodes sont souvent à la remorque des données plutôt qu'au service de formulations théoriques claires : “[m]ethodologies are highly variable and are often data driven rather than having a foundation in theory or practice” (Torrens, 2008, p.8). De telles conditions, et le manque de cohérence méthodologique entre les différentes études, limite notre capacité à conduire des analyses comparatives et à généraliser les résultats de la recherche (Schwarz, 2010). Finalement, la recherche sur l'étalement n'échappe pas au problème affectant tous les types d'analyse spatiale quantitative, et connu sous son acronyme anglais MAUP (pour *modifiable areal unit problem*). Le MAUP se manifeste dans des résultats, discordants en apparence, qui découlent de l'utilisation d'un système de partitionnement spatial différent, ou à la conduite d'analyse à différentes échelles dans une même aire d'étude (Wong, 2009). À titre d'exemple concret, les partitionnements spatiaux généralement utilisés dans les études urbaines renvoient à des critères administratifs : limites municipales, secteurs de recensement, etc. Les difficultés découlent du fait que le partitionnement spatial est souvent en porte-à-faux par rapport aux tendances spatiales que la recherche entend justement mesurer.

Phase	Auteur(s) (Année de publication)	Méthode utilisée	Portée de l'étude	Critiques
<b>Phase 1 (avant 2000)</b>  <b>Crude and One dimensional</b>	Chinitz, (1991)	The growth of suburbs relative to central cities	The urban development patterns in the United States have been shaped by a set of 'Locators'.	Measurements of a single dimension of urban sprawl cannot fully capture its complexity.
	Pendall, (1999)	Population divided by the amount of developed land to obtain density estimates for 1982 and 1992	Pendall's measure of sprawl is strictly related to density.	
<b>Phase 2 (2001-2010)</b>  <b>Multi-level, Multidimensional, or Multi- Disciplinary Approaches</b>	Fulton et al., (2001)	Analyze different sprawl patterns among U.S. metropolitan areas between 1982 and 1997 by calculating a metropolitan area's "density", which was defined "as the population of a metropolitan area divided by the amount of urbanized land in that metropolitan area" (p.3).	Their concept of sprawl was strictly density-related ; Sprawl occurred where land was consumed at a faster rate than population growth	There is a lack of consistency across different studies. Studies used different approaches have delivered very different results, sometimes even contradictory results for the same city by different methods (Ewing and Hamidi, 2015 ; Jaeger et al., 2010).
	Galster et al., (2001)	They first categorized land use pattern into eight dimensions: density, continuity, concentration, clustering, centrality, nuclearity, mixed uses (heterogeneity), and proximity.	One of the first multi-dimensional measures of urban sprawl	
	Ewing, Pendall, et Chen, (2003)	Four separate sprawl indicators: development density, activity centrality, land use mix, and street accessibility ; and then combined into an overall compactness/sprawl index.	These compactness/sprawl indices have been widely used in many fields, especially in the built environment/health research.	
	Cutsinger et al., (2005)	Use twelve conceptually distinct dimensions of land use patterns to measure urban sprawl	Extended Galster's sprawl measures	
	Frenkel et Ashkenazi, (2008)	Combine three different disciplines: urban research, fractal geometry, and ecological research.	"urban sprawl is not necessarily expressed in terms of a decreasing tendency in density with time" (p.71).	

	Song, Popkin, et Gordon-Larsen, (2013)	A reduced set of neighborhood metrics	Quantify the physical form of neighborhoods with varying sizes in the U.S. and aiming to achieve national wide applicability	
<b>Phase 3 (2011-aujour'd'hui)</b>  <b>Longitudinal and Evolutionary Approaches</b>	Hamidi and Ewing (2014)	A new compactness/sprawl index to measure changes in sprawl	Allowing multi-year comparisons	Sprawl measure should be context-sensitive, when measuring urban sprawl in different countries or regions, benchmarks set by different authors should be examined carefully because the precise meaning of urban sprawl varies enormously between areas.
	Jaeger et Schwick, (2014)	Weighted Urban Proliferation (WUP) metric	“present for the first-time quantitative figures about the development of sprawl for an entire country over a time period of more than a century” (p.295).	
	Sarzynski, Galster, et Stack, (2014)	The multi-dimensional variations and changes in U.S. metropolitan land use patterns	Study found that metropolitan areas became denser during the 1990s but developed in more sprawl-like patterns across all other dimensions.	
	Barrington-Leigh and Millard-Ball, (2015)	Quantify sprawl through a reconstruction of historical road networks for a substantial subsets of US counties.	“the first high resolution time series of sprawl from 1920 to 2012” in the U.S.	
	Nazarnia, Schwick, et Jaeger, (2016)	Apply urban permeation (UP) and weighted urban proliferation (WUP)	Not only enlarged the time frame for measuring degree of urban sprawl, but also expanded territories for comparing patterns of urban sprawl. This approach opens up possibilities for cross-cultural investigation of sprawl measurement.	
	Torrens, (2008)	Focuses on one US city: Austin TX, but operated on multi-scales	Surprisingly, Torrens found that land-use became more mixed in the face of sprawl.	

**Tableau 3. Les trois phases de la recherche sur la quantification de l'étalement urbain**

## 5.2. Étalement urbain et changements climatiques. Survol de la recherche et cadre conceptuel.

Par définition, les impacts environnementaux doivent être analysés dans une perspective temporelle et en fonction d'un bilan qui dresse le portrait des coûts et des bénéfices du développement. Les coûts associés au développement résultent d'une altération des conditions d'origine qui a pour effet de réduire le rendement des systèmes naturels ou qui compromet leur capacité à servir leurs fonctions écologiques de manière optimale. Les difficultés à jauger les coûts environnementaux de l'urbanisation tiennent de l'extrême complexité des interactions entre les systèmes anthropiques et naturels, et du fait que ces interactions adviennent à différentes échelles spatiales simultanément. À titre d'exemple, un organisme urbain compact et densément peuplé altère le substrat naturel de manière drastique, mais lesdits impacts sont grandement concentrés dans l'espace, de telle manière que les effets sont plus modérés à l'échelle du territoire élargi que ceux qui découleraient d'autres formes d'urbanisation. C'est un tel état de fait qui permet de conclure que la ville compacte est une forme plus soutenable de développement urbain que ne l'est la ville étalée, cela en dépit des fortes perturbations induites par la première sur les milieux naturels. Le fait d'en arriver à un tel constat général nécessite déjà que l'on tienne compte d'une panoplie d'effets directs et indirects des modes d'urbanisation sur l'environnement. Toute tentative sérieuse de dresser le bilan environnemental d'un mode d'urbanisation n'en exige pas moins, et a fortiori si l'on entend intervenir dans un milieu urbanisé pour en réduire de manière significative l'empreinte écologique. Bien qu'il **existe des méthodes visant à dresser le bilan carbone d'une ville ou d'un quartier, la difficulté demeure immense de colliger l'ensemble des données requises par un tel exercice** (incluant des données de nature privée). En outre, les impacts et leurs effets cumulatifs varient en fonction des échelles d'analyse considérées. Nous en sommes donc souvent réduits, pour dresser un portrait environnemental des différentes formes d'urbanisation, dans un premier temps, à considérer isolément les impacts directs et indirects associés à diverses formes d'urbanisation (entendues en termes physico-spatiaux), et ; dans un second temps, à identifier autant que faire se peut leurs effets croisés sur un ou plusieurs systèmes naturels en amont des changements climatiques (bilan carbone) et en aval (vulnérabilités à l'égard des impacts des changements climatiques).

Bien qu'il soit toujours impossible de modéliser la totalité des impacts environnementaux directs et indirects de l'urbanisation, il est crucial d'essayer de « cartographier » et de schématiser ces impacts sur les différents systèmes naturels, à commencer par le climat, afin de mieux orienter nos actions en aménagement du territoire. La démarche se doit d'être à la fois déductive et inductive. Certaines connaissances des mécanismes en causes et de leurs effets, peuvent être déduites des produits de la recherche empirique. D'autres liens peuvent être induits sur la base de savoirs théoriques. Un certain nombre de constats dérivent d'analyses comparatives qui permettent de mesurer les impacts environnementaux différenciés découlant de conditions urbaines contrastées (tel la ville compacte et la ville étalée). Comme ce rapport le fait ressortir, la recherche permet souvent de dresser certains constats sans qu'il soit toujours possible d'établir de liens de causalité. Cet état de fait s'explique par la difficulté de démêler l'écheveau des causes et des effets environnementaux pour les imputer ensuite à des conditions urbaines elles-mêmes composites. À titre d'exemple, il est établi, comme nous le verrons, que la ville étalée est énergivore et plus grande consommatrice d'énergie fossile que la ville compacte. Cela à cause des besoins de chauffage et climatisation et du fait que la faible intensité d'occupation du sol se traduit en un plus grand nombre de kilomètre parcourus en automobile. Ces conditions induisent des émissions de GES

accrues. La ville étalée est également gourmande d'espace, ce qui se paie au prix d'une perte de biomasse qui ajoute au bilan carbone par la perte de capacité de captage de CO<sub>2</sub>. La réduction de biomasse impacte la biodiversité, et notamment des animaux et insectes déjà vulnérabilisés par les effets des changements climatiques. Or certains de ces mêmes insectes et animaux, pensons aux abeilles, sont essentiels à la production de la nourriture pour consommation humaine. Un tel cercle vicieux peut entraîner ce que les anglo-saxons désignent par l'expression *perfect storm*, à savoir un concours de circonstances ayant des effets démultiplicateurs potentiellement délétères.

Les prochains paragraphes dressent, après un bref survol des principales causes et conséquences des changements climatiques, un cadre conceptuel qui entend clarifier les liens entre les modalités d'occupation du territoire (et la pratique du territoire urbanisé par le biais des transports), les changements climatiques, et les autres systèmes naturels.

### *Les changements climatiques*

Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, ou IPCC de son acronyme anglais) a décrit les changements climatiques en ces termes : « **[w]arming of the climate system is unequivocal, as is now evident from observations of increases in global average air and ocean temperatures, widespread melting of snow and ice, and rising global mean sea level** » (IPCC, 2007a, p.5). Les changements climatiques auront un impact direct ou indirect sur toutes les régions et sur quiconque habite la planète. **Les effets actuels et pressentis des changements climatiques incluent des épisodes plus fréquents et plus intenses de tempêtes, d'inondations et de chaleur intense, une pollution atmosphérique accrue, des taux d'extinction des espèces animales et végétales plus élevés, des impacts négatifs sur la santé humaine, des productivités agricole et écosystémique réduites, une acidification des océans, la disparition des glaciers et des calottes glaciaires, une augmentation du niveau des océans, etc. (IPCC, 2017). Les effets à moyen et long terme sont potentiellement catastrophiques** (Alexander, 2014).

Il y a deux grandes catégories de causes aux changements climatiques : naturelles et anthropiques (Figure 2). Au chapitre des causes naturelles, figurent l'activité volcanique, la production solaire, ainsi que l'orbite de la Terre autour du soleil. Un consensus scientifique très fort existe à l'effet que les émissions de GES causées par les activités humaines sont la principale cause des changements climatiques actuels (Hamin et Gurrán 2009 ; De Coninck et al., 2008 ; Ewing et al, 2008 ; Bart, 2007 ; Bulkeley et Betsill, 2005 ; Hennicke, 2005). Un tel constat était déjà étayé dans le rapport du GIEC de 2001 (IPCC, 2001). Il y a également un consensus scientifique à l'effet que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est le contributeur le plus néfaste des gaz à effet de serre (Yigitcanlar et Kamruzzaman, 2014, White, Jonas, et Gibbs, 2010 ; Ewing et al, 2008). **Le rapport du GIEC de 2007 identifie en outre les deux principales causes anthropiques de l'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère comme étant la combustion des énergie fossiles et les changements dans l'utilisation du sol** (IPCC, 2007). Entre 1970 et 2010, environ 78% de l'augmentation des émissions de GES ont été attribuables à la combustion des énergies fossiles et à la production industrielle (IPCC, 2014).

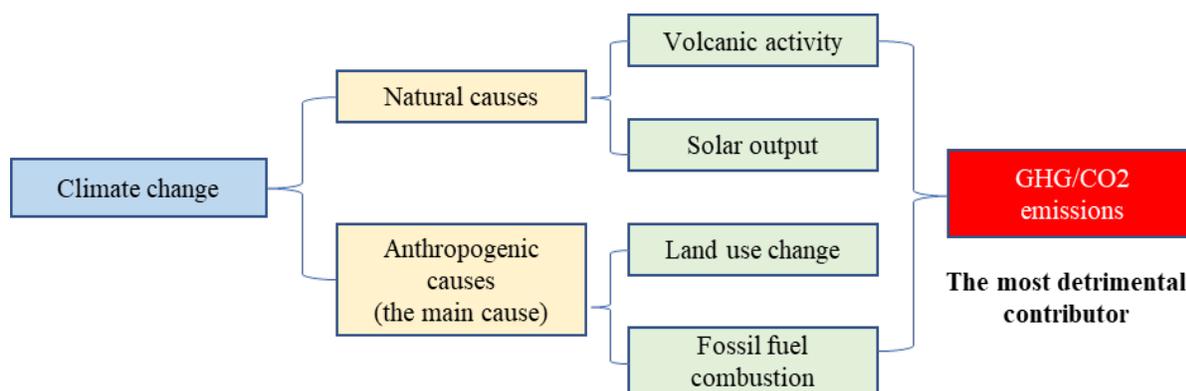


Figure 2. Schéma des causes des changements climatiques

### 5.2.1 Les impacts environnementaux de l'étalement urbain

**Les impacts environnementaux liés à l'étalement urbains sont particulièrement importants en vertu de leur échelle et de leur durée dans le temps.** Ces derniers ont été l'objet d'un effort de recherche assez extensif, et ayant produit des preuves empiriques significatives (Dupras et Alam, 2015 ; Hamidi et al., 2015 ; Carmona, 2014 ; Wilson et Chakraborty, 2013 ; Ren et al., 2012 ; BAPE, 2009 ; Holden et Norland, 2005 ; Burchell et al., 2002 ; Handy et Clifton, 2001 ; Johnson, 2001 ; Ewing, 1997 ; Alderman, 1997 ; Burton et Matson, 1996 ; Hillier, 1996 ; Hillier et al., 1993). Afin d'y voir plus clair, Wilson et Chakraborty (2013) ont résumé les impacts environnementaux de l'étalement en les classant sous quatre catégories renvoyant respectivement à l'air, à l'énergie, aux sols et à l'eau. Barnes et al. (2001) nous rappellent pour leur part que les impacts environnementaux se font sentir aux échelles, locale, régionale, et globale. Dans un article séminal et largement cité, Johnson (2001, p.721-722) livre un sommaire utile des types de dégradation environnementale associés à l'étalement. Ce ne sont pas tous les impacts de l'étalement qui renvoient aux changements climatiques, mais la plupart contribuent à cette crise, de manière directe ou indirecte, notamment en accroissant la vulnérabilité à l'égard de ses effets. Le Table 4 énumère différents impacts environnementaux de l'étalement en prenant appui sur l'inventaire de Johnson (2001). Les sections subséquentes offriront un survol de la littérature pertinente portant sur les liens entre la crise climatique et les modes d'occupation du territoire.

Air	Énergie	Sols	Eau	Écosystèmes
Émissions de GES/CO2	Consommation d'énergie accrue	Perte de sols écologiquement fragiles	Diminution des volumes d'eau potables	Perte de biomasse
Émissions de polluants (Stone, 2008)	Inefficacités énergétiques	Réduction des espaces naturels (Ewing, 1994)	Altérations du système hydrologique	Fragmentation des écosystèmes (Margules and Meyers, 1992)
Dégradation de la qualité de l'air	Îlots de chaleur urbains (Stone, Hess and Frumkin, 2010)	[Dégradation des qualités paysagères] (Burchell et al., 1998 ; Fulton, 1996)	Risques accrus d'inondations (Adelmann, 1998 ; PTCEC, 1999)	Vulnérabilité accrue des écosystème

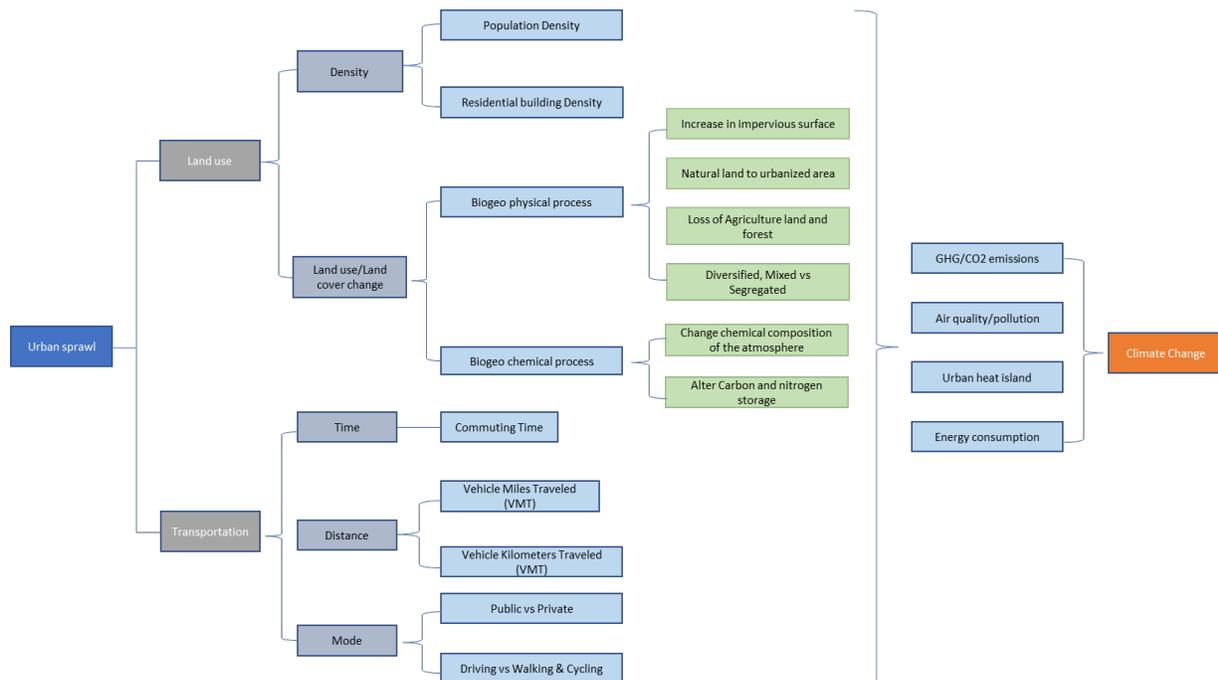
Accroissement des températures au sol qui affectent la composition de l'atmosphère		Perte de terres arables (Berry and Plaut, 1978; Fischel, 1982 ; Nelson, 1990)	Vulnérabilité accrue aux fortes précipitations	Diminution de la biodiversité
Toxicité de l'air, méthane, gaz, NO2, SO2,		Perte excessive de végétation indigène	Impacts sur la qualité de l'eau (Tu et al., 2007)	Réduction des services écosystémiques (Dupras and Alam, 2015)
		[Paupérisation de l'environnement visuel)		Réduction de la résilience des écosystèmes
		Pertes et fragmentation des habitats		
		[Présence de terrain de golf écologiquement dommageables] (Steiner et al., 1999)		
		Accroissement de secteurs bâtis de faible intensité		
		Augmentation des surfaces imperméables		
		Infrastructures extensives		
		Dégradation des sols		

**Tableau 4. Tabulation des principaux impacts environnementaux de l'étalement urbain**

### 5.2.2 Formes urbaines, étalement, et changements climatiques

La proportion de la population mondiale habitant les villes a passé le seuil des 50% au tournant du 20<sup>ième</sup> siècle. Les projections sont à l'effet que ce pourcentage passera à 66% autour de 2050 (United Nations, 2012). **On estime par ailleurs que les villes sont aujourd'hui responsable d'environ 80% des émissions de GES** (Iwata et Managi, 2016). Il y donc urgence à agir pour réduire le bilan carbone en milieu urbanisé. Des efforts significatifs ont été consentis à l'exploration des liens entre la forme urbaine, l'étalement, la consommation d'énergie, et les changements climatiques (Baklanov, Molina, et Gauss, 2016 ; Ewing et Hamidi, 2015 ; Baur et al, 2015 ; Stone et al, 2010 ; Stone, 2008 ; Gonzalez, 2005 ; Ewing, Pendall, et Chen ; 2002). **La relation entre l'étalement urbain et les changements climatiques est bidirectionnelle : “[o]ur built environment affects climate change, but it is also affected by climate change”** (EPA, 2013, p.69). Une telle boucle de rétroaction porte les changements climatiques au rang de plus important facteur de

transformation de l'affectation du sol pour les années à venir (Deng et al., 2015). La ville étalée, en particulier, augmente notre vulnérabilité collective à l'égard des effets des changements climatiques. Elle appelle d'importants efforts de requalification et de mitigation. La forme urbaine est nommément citée à titre de moteur (*driver*) des émissions de GES par le groupe de travail numéro trois dans sa contribution au cinquième rapport d'évaluation du CIEC en 2014. Les émissions de GES afférentes à la forme urbaine sont imputables notamment aux transports (modes et intensités d'utilisation) ainsi qu'à la consommation énergétique destinée en particulier au chauffage et à la climatisation des immeubles (Seto et al., 2014). Bart (2010) ainsi que Yigitcanlar et Kamruzzaman (2014, p.2121) attirent notre attention sur le fait que les transports et l'utilisation du sol sont les deux secteurs contribuant le plus aux émissions de GES en milieu urbain. Le GIEC (2014) note qu'en 2010, l'agriculture, la foresterie et autres usages des sols furent responsables de 24% des émissions, alors que le secteur des transports a contribué à hauteur de 14% à l'échelle planétaire. Le schéma de la Figure 3 indique comment l'affectation du sol et les transports contribuent plus spécifiquement aux changements climatiques en contexte de ville étalée.



**Figure 3. Schéma des facteurs de l'étalement urbain contribuant aux changements climatiques et environnementaux**

### 5.2.3 Un état de la connaissance

Il existe un solide consensus dans la littérature au sujet des liens entre l'étalement urbain, les émissions de GES, les changements climatiques, et une dégradation environnementale, plus largement. L'objectif premier de cet exercice est de résumer l'état actuel de la recherche sur ces questions tout en tâchant de clarifier les relations, quelquefois difficiles à saisir et départager, entre les facteurs contributifs, les causes et les conséquences. Sur nombre d'aspects faisant consensus, et résumés ci-après, des études conduites

dans différents contextes urbains et faisant usage de méthodes différentes, arrivent à des conclusions similaires. Certaines relations spécifiques sont toutefois plus rétives à l'analyse. C'est le cas notamment des études qui tâchent de démêler les relations entre des caractères et propriétés spécifiques de la forme urbaine et les transports. En ces matières, les difficultés méthodologiques abondent lorsque la recherche se confronte à des facteurs inter-reliés et des ensembles de conditions croisées. À titre d'exemple, une densité urbaine élevée se présente rarement seule. Elle est généralement accompagnée d'affectations du sol mixtes et d'une plus grande offre en transport collectif, de sorte que les variables mesurant ces différents aspects tendent à être tous corrélés entre eux (EPA, 2013), rendant difficile la tâche de les départager.

#### *Quatre grands chantiers de recherche*

Comme un commentaire précédent le laissait entendre, la recherche est fragmentée, par nature. En outre, il est courant que la recherche pertinente à notre sujet ne se soit pas penchée directement sur les rapports en étalement urbain et changements climatiques. Dans certains cas, la question de l'étalement est abordée de manière tangentielle, par le biais de la densité par exemple. Dans d'autres cas, les phénomènes étudiés ne se rapportent qu'indirectement aux changements climatiques. Notre revue de la littérature a permis de dégager quatre grands chantiers de recherche qui ont produit des connaissances essentielles. Cette littérature est abordée à l'aulnes de notre travail de schématisation des liens entre l'espace anthropique, les systèmes naturels et les crises environnementales (cf. Figure 1), ainsi qu'en rapport aux articulations entre l'étalement urbain, les facteurs de transformation environnementale (*environmental change drivers*) et les changements climatiques (cf. figures 1 et 3). Lesdits schémas offrent un cadre de référence général permettant de situer les différents axes et chantiers de recherche. Le premier chantier touche les liens entre la densité urbaine, la consommation d'énergies fossiles, et les émissions de GES/CO<sub>2</sub> qui en découlent. Le second chantier porte les changements climatiques en rapport avec l'affectation des sols, et la couverture des sols (végétale ou autre). Ce chantier touche pour une part aux coûts environnementaux découlant des modes et pratiques de transport en rapport à la dispersion spatiale des activités urbaines. Mais il porte surtout sur les coûts associés à l'altération des écosystèmes et en particulier à la perte de biomasse, qui se traduit en perte de capacité de captage du carbone. Le troisième chantier touche de manière spécifique à la consommation d'énergie, et aux émissions reliées de GES/CO<sub>2</sub>, attribuables aux modes et aux pratiques de transport qui sont associés aux formes urbaines denses ou étalée. Le quatrième chantier touche d'autres coûts environnementaux indirects découlant de l'étalement urbain ayant notamment pour effet d'accroître notre vulnérabilité à l'égard des effets actuels et annoncés des changements climatiques.

#### *Chantier Densités urbaines et changements climatiques*

**La recherche sur le lien entre la densité urbaine, les émissions de GES, et la consommation d'énergie, porte sur deux facteurs principaux : la consommation d'énergie et les émissions associées qui sont attribuables aux transports dans des contextes de villes étalée ou dense, et ; la consommation d'énergie associée aux formes résidentielles dans ces types d'environnements bâtis.** La densité – exprimée sous forme de ratio entre le nombre d'habitants ou en nombre de logements en rapport à la superficie – est souvent l'indicateur privilégié pour caractériser la forme urbaine. Les faibles densités traduisent ainsi une dispersion de la population sur un large territoire. Cette dispersion est généralement manifestée par la présence de maisons unifamiliales détachées. Elle est en outre généralement accompagnée par une ségrégation spatiale des différentes affectations du sol. De telles conditions spatiales, de même que les propriétés du réseau viaire généralement associées à de tels contextes urbains, se traduisent en une

dépendance à l'automobile. Les relations spécifiques entre les modes et les pratiques de transport et le bilan environnemental sont traités plus à fond dans les paragraphes consacrés au troisième chantier.

**La recherche produit un portrait clair indiquant que les émissions de GES/CO2 sont significativement impactées par les densités de population et les densités résidentielles. Les émissions sont négativement corrélées à la densité.** Ce qui fait office d'étude inaugurale dans le domaine des relations entre forme urbaine et émissions de GES est en fait une analyse portant sur la relation entre densités urbaines et consommation d'essence. Newman et Kenworthy (1989) ont établi à cette occasion la corrélation négative entre le nombre d'habitants à l'acre et la consommation d'essence *per capita*. Il existe une grande diversité de situations entre les villes et à l'intérieur même de ces dernières en ce qui a trait aux densités de population et à la distribution spatiale des émissions de GES/CO2. Une des tendances générales qui ressort dans la littérature est à l'effet qu'une augmentation des densités est associée à une diminution du nombre de miles/km parcourus par les véhicules (véhicules-kilomètres parcourus – VKP). Une étude de Gleaser et Kahn (2010) portant sur 66 villes majeures des États-Unis conclut que l'utilisation d'essence est négativement corrélée avec les densités de population et positivement corrélée avec la distance au centre-ville, ce qui indique que l'étalement induit une plus forte consommation d'essence. Il est évidemment aisé de traduire la consommation d'essence en émissions de GES. C'est ce que feront nombre de chercheurs (Lee et al., 2016 ; Doherty et al., 2009 ; Martinez-Zarzoso et al., 2007). La recherche fait donc globalement consensus sur le fait que plus les villes sont compactes plus faibles sont leurs émissions de GES/CO2 associées aux transports, et qu'il en est de même des sous-secteurs des régions urbaines elles-mêmes. Il en est d'ailleurs de même des émissions, toutes provenances confondues. Andrews (2008) s'est prêté à l'analyse des émissions des GES rapport avec un gradient urbain-rural. Ses résultats démontrent qu'aux États-Unis la distribution *per capita* des émissions présente un « U » inversé, au sommet duquel se trouvent les banlieues du second après-guerre. Les VKP associés aux différentes densités étant le facteur le plus déterminant (Andrews, 2008, p.860). Un autre indice utile est fourni par des études à grande échelle. Bien que les émissions attribuables aux transports continuent d'augmenter dans la plupart des villes sondées, le rythme de l'augmentation tend à ralentir, en particulier dans les grandes agglomérations et dans celles qui sont les plus compactes (Taniguchi, Matsunaka, et Nakamichi, 2008 ; Fercovic et Gulati, 2016).

En 2013, le secteur résidentiel a représenté 22% de la consommation totale d'énergie au États-Unis (EIA 2013a). La majeure partie de l'énergie consommée est affectée au chauffage et la climatisation des bâtiments. **Au Québec, le secteur du bâtiment, comprenant les édifices résidentiels, commerciaux et institutionnels fut responsable de 10,8% des émissions en 2015 ; une performance enviable dans le contexte nord-américain, attribuable à la prédominance de l'hydro-électricité** (Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques, 2016). Évidemment, la source d'énergie a une grande importance sur le bilan carbone, mais il convient de rappeler qu'aucune source d'énergie n'est totalement neutre d'un point de vue environnemental ; l'énergie la plus propre étant celle qu'on ne consomme pas. L'un des aspects les plus caractéristiques de la ville étalée est la nette prédominance du pavillon unifamilial détaché. Plusieurs recherches ont établi et chiffré l'impact de cette forme d'habitation en termes de consommation d'énergie et d'émissions de GES/CO2, en la comparant en particulier à des formes résidentielles plus compactes. Une majorité de recherche aborde le sujet par le biais de la densité résidentielle (Kim et Brownstone, 2010 ; Weghe et Kennedy, 2007 ; Norman, MacLean, et Kennedy, 2006 ; Newton et al., 2000). À titre d'exemple, Norman, MacLean et Kennedy (2006) ont établi, **sur la base d'une analyse du cycle de vie, que l'énergie intrinsèque (*embodied energy*) et les émissions de GES des environnements de faible densité y sont significativement plus élevés que dans les environnements plus denses (peu importe que l'on mesure la densité en termes de personnes ou en unités d'habitation par hectare)**. Ils en concluent que la densité est un important facteur contributif au

bilan énergétique et au bilan carbone. Pitt (2013) s'est penché sur les formes résidentielles plus spécifiquement pour conclure que les maisons attachées et les édifices multifamiliaux sont plus efficient d'un point de vue énergétique que les types d'habitations unifamiliaux détachés. Se basant sur quatre scénarios de distribution spatiale, il conclut qu'une réduction de 23% de consommation d'énergie, assortie d'une diminution proportionnelle des émissions de GES peuvent être atteintes par des développements résidentiels compacts.

En tentant eux aussi une projection dans le futur, Lee et Lee (2014) ont examiné l'influence de la forme urbaine sur les émissions de GES des ménages dans les 125 plus grandes agglomérations américaines. Leurs résultats démontrent qu'en doublant la densité de population, des réductions d'émissions de 48% et 35% pourraient être obtenues dans les transports et la consommation énergétique résidentielle respectivement.

Le tableau 5 trace un portrait synthèse de la recherche recensée sur les liens entre la densité, la consommation énergétique et les émissions de GES/CO2.

#### *Chantier Affectation des sols et couverture des sols et changements climatiques*

La ville étalée se caractérise, outre ses faibles densités résidentielles, par des patrons d'affectation du sol particuliers. Ceci est en partie imputable à des décisions concertées d'aménagement, et en partie une des conséquences de l'auto-mobilité. Les modèles spatiaux mis de l'avant par l'urbanisme moderne au tournant du 20<sup>ème</sup> siècle préconisaient la ségrégation spatiale des fonctions urbaines. La généralisation de l'utilisation de l'automobile après le second après-guerre aura également pour effet de réduire les contraintes liées aux distances de déplacement, et de favoriser la concentration des usages non résidentiels, notamment le commerce, le long des principaux corridors routiers. La distribution spatiale des fonctions urbaines, ou l'*affectation de sols*, contribue indirectement aux changements climatiques, surtout à cause de ses impacts en matière de transport. Une autre conséquence de l'étalement de la ville est la transformation de la couverture des sols qui découle de l'urbanisation de territoires jusqu'alors forestiers, prairiaux, ou agricoles. De telles transformations se traduisent en coûts environnementaux directs et indirects. En anglais l'acronyme *LULC* est utilisé pour signifier *land use and land cover*. On utilisera ci-après l'acronyme AS-CS pour désigner l'affectation des sols et la couverture des sols.

La ségrégation spatiale des fonctions résidentielles, commerciales, de loisir et d'emploi, influence les comportements en matière de transport, à la fois du point de vue modal et en termes de distances parcourues (EPA, 2013). **De nombreuses études rapportent que de hautes densités accompagnées d'une grande diversité d'affectations des sols, de réseaux viaires bien connectés et d'un haut niveau d'accessibilité aux transports collectifs sont associés à des niveaux réduits d'émissions de GES/CO2, par rapport à ceux que génère la ville étalée, qui est généralement dépourvue de chacune de ces propriétés** (Cervero et Sullivan, 2011 ; Li, 2011 ; McCormack et Edwards, 2011 ; Leck, 2006 ; Cervero, 2002). Leck (2006) établi par exemple que la diversité des usages impacte le choix modal – une faible diversité joue en faveur de l'auto-mobilité – et est négativement corrélée aux VMP/VKP. Cervero (2002) rapporte de même que des densités plus élevées entraînent une plus grande utilisation des transports collectifs lorsque ces dernières sont accompagnées d'une diversité de fonctions urbaines à faible distance des stations de transports collectif. Hoek (2009) a développé un index de diversité d'affectation des sols (*mixed-use index - MIX*) fort utile pour l'évaluation de nouveaux projets d'aménagement.

<b>Auteur(s) (Année de publication)</b>	<b>Type de Densité</b>	<b>Aspect étudié en lien avec la densité</b>	<b>Contexte géographique</b>	<b>Principaux résultats</b>
<b>Newman and Kenworthy, (1989)</b>	Population density	Gasoline consumption per capita	32 global cities	Per capita gasoline consumption is negatively correlated with population density.
<b>Norman, MacLean, and Kenned, (2006)</b>	Residential density	Energy use and GHG emissions	Toronto	CO2 equivalent emissions are 60% less for high-density than for low-density development.
<b>Weghe and Kennedy, (2007)</b>	Residential building density	GHG emissions	Toronto	Top ten in terms of GHG emission were all located in the low-density tracts
<b>Andrews, (2008)</b>	Urban density	GHG emissions distribution of along the rural-to-urban gradient	United States Canadian cities	Per-capita CO2 emissions very widely following an inverted “U” shape, with post-war suburbs at the pinnacle.
<b>Ewing and Rong, (2008)</b>	House size and type	Housing types and energy consumption	United States	Houses located in compact counties require roughly 20% less primary energy than those in sprawling counties.
<b>Taniguchi, Matsunaka, and Nakamichi, (2008)</b>	Population density	Per capita automobile CO2 emissions	38 Japanese cities	Density negatively correlated with automobile CO2 emissions Per-capita automobile CO2 emissions increased in all city types between 1987 and 2005
<b>Glaeser and Kahn, (2010)</b>	Population density	Household emissions	66 major US cities	Gasoline usage is negatively correlated with population density, and positively correlated with distance from downtown,
<b>Kim and Brownstone, (2010),</b>	Residential density	Household annual mileage traveled and fuel consumption	United States	Household residing in an area that is 1000 housing units per square mile denser drive 1500 (7.8%) less miles per year and consume 70 (7.5%) fewer gallons of fuel than households in the less dense areas

<b>Ala-Mantila, Junnila and Heinonen, (2013)</b>	Residential types (Semi detached and detached houses, apartment buildings)	Consumption-based carbon footprints by residential types	Finland	Low-rise lifestyle causes approximately 26 % more emissions than the high-rise one
<b>Pitt, (2013)</b>	Residential types (attached, multifamily, single family detached housing)	Residential GHG emissions and energy consumption for future housing development	United States	On average, attached homes and multi-family structures are more energy efficient than single family detached housing types.
<b>Ala-Mantila, Heinonen, and Junnila, (2014)</b>	Housing and household types	Consumption-based carbon footprints by housing and household types	Finland	Rural lifestyle related to the highest GHG emissions. Emissions decrease as density increases while moving towards city centers.
<b>Fercovic and Gulati, (2016)</b>	Population density	Average household emissions	Canadian cities	Denser cities produce less emissions than low density ones. Average household emissions across all cities over time are falling.
<b>Estiri, (2016)</b>	Households housing arrangement (city and suburban)	Energy consumption by households	United States	On average, US suburban households consume more energy in residential buildings than their city-dweller counterparts

**Tableau 5. Portrait Les impacts de la densité sur la consommation d'énergie et les émissions de GES/CO2**

La nature de la couverture des sols (végétale ou non-végétale) exerce de même un impact sur les changements climatiques directement, en affectant le bilan carbone, et plus ou moins indirectement par le biais de divers processus biogéochimiques et bio-géophysiques. Deng, Zhao, et Yan (2013) rappellent que les effets de la déforestation aux fins d'urbanisation ou d'agriculture extensive sur les changements climatiques ont été abondamment démontrés, en particulier à l'échelle globale. Selon certaines estimations, entre un tiers et la moitié de la surface terrestre de la planète a été transformée par l'activité humaine (NASA, 2005). **La conversion de la couverture des sols des suites de l'étalement a exercé des impacts directs et indirects significatifs sur les changements climatiques** (Deng et al., 2013 ; Deng, Zhao, and Yan, 2013 ; Dhakal, 2010 ; Handy, 2005). **Un changement de la couverture végétale (forêts, prairies et terres agricoles) au profit de l'urbanisation est en soit un contributeur direct et significatif, puisque la perte de biomasse se traduit en une diminution de capacité de captage et de stockage du carbone** (Pena et al., 2007 ; Watson et al., 2000 ; Dale, 1997 ; Shaw, 1992 ; Ewing et al., 2008). Les dynamiques touchant l'AS-CS affectent en outre l'environnement par les changements qu'ils induisent sur les processus biogéochimiques et bio-géophysiques (Deng, Zhao, et Yan, 2013 ; Feddema et al., 2005). Les effets bio-géophysiques renvoient aux transformations des caractéristiques physiques de la surface terrestre (Wang, Li, et Yang, 2015). L'une des manières par lesquelles les changements touchant l'affectations et la couverture des sols affectent les systèmes naturels est l'influence exercée sur les processus d'échange de radiation, de chaleur et d'humidité entre la surface terrestre et l'atmosphère (Crutzen et Andreae, 1990). L'altération des processus biogéochimiques affectent indirectement le climat en ayant pour effet de changer la composition chimique de l'atmosphère (Wang, Li, et Yang, 2015 ; Feddema et al., 2005).

Il existe un fort consensus à l'effet qu'au niveau global, la conversion du couvert terrestre de surfaces boisées et en prairies vers des usages urbains réduit les potentiels de capture du carbone de manière mesurable et significative. L'agence de protection de l'environnement des États-Unis rapporte qu'environ 8% des émissions de CO<sub>2</sub> entre 2000 et 2010 dans ce pays ont été attribuables aux changements d'affectation du sol (EPA, 2013). Les études mesurant spécifiquement la perte de biomasse attribuable à l'étalement urbain sont plutôt rares. Le rapport *Nature in the Urban Century*, qui explore les liens entre l'urbanisation galopante à l'échelle planétaire et la perte de biodiversité traite notamment de la perte et de la fragmentation des habitats naturels ainsi que de la diminution de capacité de stockage de carbone qui s'ensuit (McDonald et al., 2018, 43-45). Il est indéniable que la capacité de captage et de stockage du carbone d'une région urbanisée est conditionnée et limitée par ses propriétés spatiales et par la composition de son affectation des sols et par son couvert végétal ou bâti. Il en va de même pour sa production de GES/CO<sub>2</sub>. Baur, Förster, et Kleinschmit (2015) ont ainsi analysé les liens entre les propriétés spatiales urbaines, incluant celles touchant l'AS-CS, et les émissions de GES dans 52 villes européennes à l'aide de neuf indicateurs de propriétés spatiales et quatre indicateurs spécifiquement dédiés à l'AS-CS. Leurs résultats indiquent que la densité urbaine, les distances intra-urbaines et la composition AS-CS influencent les émissions de GES de manière significative.

l'AS-CS ont également des impacts significatifs en accroissant les vulnérabilités à l'égard des effets actuels et anticipés des changements climatiques sur les milieux naturels et les milieux de vie. Wang, Li, et Yang (2015) ont développé un modèle permettant de quantifier la relation entre l'AS-CS et les changements climatiques à l'échelle régionale. Les conclusions de leur étude conduite dans le Sud de la Chine démontrent que les zones urbanisées influencent les microclimats locaux, en induisant une hausse des températures de même que des précipitations. Leur méthode permet en outre d'illustrer comment l'ajout de végétation, et d'aires de forêts et de prairies et la réduction de l'étalement urbain permettent d'atténuer les changements microclimatiques locaux. Emadodin, Taravat, et Rajaei's (2016) ont démontré

de manière très spécifique, comment les changements dans l'AS-AS en milieux étalés, des suites de la perte de terres arabes, de la diminution du couvert végétal, et de la dégradation des sols notamment, touchent de manière significative les conditions climatiques locales en affectant les taux d'évaporation. L'étalement urbain a aussi pour effet une augmentation des températures au sol dû aux effets conjugués d'une altération du cycle de l'eau (tel qu'évoqué précédemment dans ce rapport) et de l'albédo; à savoir le rayonnement solaire réfléchi, renvoyé notamment par les surfaces minéralisées. Le phénomène est connu sous le nom d'îlot de chaleur. **Des chercheurs soutiennent que l'urbanisation influence la température de la surface au sol avec une intensité comparable à celle imputable aux émissions de GES elles-mêmes** (Emadodin, Taravat, et Rajaei, 2016). Ce sont notamment les conclusions d'une étude portant sur l'accroissement des températures au sol depuis 1950 dans 45 régions métropolitaines des États-Unis (Stone, 2008). Il va sans dire que les augmentations de température imputables aux deux ordres de phénomènes s'additionnent, et constituent un risque important pour la santé humaine, notamment en périodes de chaleurs intenses. **Bien que les secteurs centraux des villes, souvent fortement minéralisés, sont plus sujets aux îlots de chaleur que les banlieues étalées, contrairement à ce qu'on pourrait supposer, les villes étalées sont plus touchées que les villes compactes par les épisodes de chaleur intense.** Stone, Hess, and Frumkin (2010) ont investigué la relation entre de tels épisodes et la forme urbaine. Ils observent que le taux annuel d'accroissement des épisodes de chaleur intense fut plus du double dans les villes étalées que dans les villes compactes entre 1956 et 2005. Ils concluent qu'en réduisant la biomasse de manière significative, et en repoussant au loin les aires de forêts et de prairies, l'étalement urbain exerce à cet égard un impact plus important que les environnements plus compacts (Stone, Hess and Frumkin, 2010). Un tel exemple illustre à merveille la complexité des impacts environnementaux de l'étalement. Un autre exemple que l'on pourrait qualifier de contre-intuitif, touche la qualité de l'air. On imagine aisément que les villes étalées dans lesquelles l'usage de la voiture est généralisé souffre davantage de la pollution atmosphérique. Tel est le cas (Pendall et Chen 2002 ; Stone, 2008). Or, Bereitschaft et Debbage (2013) ont évalué quantitativement la relation entre la forme urbaine et les concentrations de polluants atmosphériques dans 86 régions métropolitaines américaines. Leurs résultats sont à l'effet qu'en contrôlant pour les autres facteurs, à l'échelle locale, les formes urbaines étalées présentaient généralement de plus grandes concentrations de pollution atmosphérique que les secteurs plus denses (Bereitschaft et Debbage, 2013).

Les patrons spatiaux de l'étalement urbain en ce qui a trait à l'AS-CS affectent les réseaux hydrographiques (ruisseaux et rivières, milieux humides, etc.). Outre, les impacts évoqués sur le cycle de l'eau, de tels changements accroissent les vulnérabilités des populations et des infrastructures à l'égard des épisodes de pluies abondantes, de crues des eaux et d'inondations. Cette question sera traitée plus avant dans une section prochaine. Le tableau 6 à l'annexe 1 trace le sommaire de la littérature recensée portant sur les effets de l'affectation sols et de la couverture des sols sur les changements climatiques et sur les conditions microclimatiques locales.

#### *Chantier Modes et pratiques de transport et changements climatiques*

À l'échelle globale, le secteur des transports a contribué 24% des émissions directes de CO<sub>2</sub> 2010, dont une proportion de 75% était spécifiquement imputable au transport routier (Zhao et al., 2013 ; Marsden et Rye, 2010). En Europe (25 pays), le secteur émettait 20% des GES, dont 93% provenait des transports sur route en 2010 (Bart, 2010). Aux États-Unis, le tiers des émissions de GES est attribuable aux transports (Ewing et al., 2008). Ses dernières furent hausse de 19% entre 1990 et 2010 (EPA, 2012). L'agence américaine de protection de l'environnement attribue l'essentiel cette hausse à l'augmentation des VMP/VKP (EPA, 2012) ; ce qui pointe évidemment vers les modes de développement et d'aménagement

du territoire. **On se rappellera qu'au Québec le transport routier en soi contribue 33,6% des émissions totales et que le volume fut en forte hausse au cours des récentes années** (Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques, 2016). Le secteur des transports est sans contredit le plus grand émetteur de GES en milieu urbain (Marshall, 2008).

Leibowicz (2017) nous rappelle que deux facteurs principaux impactent le bilan carbone du transport routier : la part modale de l'automobile individuelle (par rapport aux modes de transport actifs et collectif) et les distances parcourues. Les deux aspects sont fortement liés à la forme urbaine, à savoir la distribution spatiale des fonctions urbaines, les infrastructures, et les propriétés spatiales du réseau viaire notamment. L'agence américaine de protection de l'environnement avance que l'augmentation des distances parcourues par les automobilistes est imputable à une combinaison de conditions touchant : le développement dispersé de type étalement urbain (*sprawl*), la séparation des aires résidentielles de aires d'emplois (affectation des sols) et l'expansion du développement et des infrastructures à la périphérie (EPA, 2013). Ewing et ses collègues rappellent que les VMP/VKP sont l'un des trois piliers à considérer en vue de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans le secteur des transports routiers, les autres piliers étant l'économie de carburant et le contenu en carbone du carburant lui-même (Ewing et al., 2008, p.2). Hankey et Marshall (2010) soutiennent qu'une réduction des émissions passe par une approche touchant à la fois une efficacité énergétique accrue des véhicules, une réduction du carbone associé au carburant, ainsi que par une transformation de la forme urbaine. Leurs propos font écho à ceux de Bart (2007), qui avance que la demande croissante pour l'auto-mobilité découle d'emblée d'un mode de développement spatial des villes fondé sur l'automobile. Les automobiles sont dotées dans une très vaste majorité des cas de moteurs à combustion interne. Nous aurions cependant tort de penser que l'électrification du transport automobile pourrait à elle-seule résoudre les problèmes environnementaux découlant de l'étalement urbain et de son corolaire, l'auto-mobilité. L'affectation des sols et les transports sont intimement liés, de sorte que le fait d'intervenir sur les deux volets par des stratégies intégrées est significativement plus efficace que des interventions ciblant seulement l'un ou l'autre de ces volets (Bertolini, Le Clercq, and Kapoen, 2005).

Ewing (2017) avance que les VMP/VKP sont le principal indicateur de performance du rapport *affectation des sols-transport*. On peut alléguer à sa suite qu'il s'agit là d'un indicateur valable de la performance environnementale de nos villes, et plus généralement de l'allocation de nos ressources collectives dans une perspective de développement soutenable, voire de qualité de vie tout court. **Au compte des externalités des transports routiers associés à l'étalement urbain, figurent notamment : la dépendance à l'automobile (et les coûts qui en découlent pour les ménages), des temps de déplacements allongés, une fréquence d'accidents accrue (avec son lot de blessures corporelles et de décès), une augmentation de la pollution atmosphérique, les coûts économiques et sociaux associés à la congestion automobile, les dépenses relatives à la construction et à l'entretien à long terme des infrastructure dédiées à l'automobile (autoroutes, stationnements, etc.).** (Holcombe et Williams, 2010 ; Ewing, Pendall, et Chen, 2002). La présente étude a fait le choix d'exclure ces considérations de l'analyse, mais ces dernières plaident toutes en faveur d'une réduction de l'auto-mobilité. Lorsqu'additionnées aux considérations environnementales elles tracent un sombre portrait.

Les relations entre les propriétés de la forme urbaine et les transports ne sont pas simples et limpides. La recherche reflète la complexité inhérente de ces relations. Il y a par exemple discordance de résultats sur les impacts spécifiques de l'étalement urbain sur les temps de déplacement, la congestion routière et autres externalités des transports, selon les caractères spatiaux retenus pour l'analyse ou l'échelle à laquelle cette dernière est conduite (Ewing et Cervero, 2010 ; Bento et al., 2005 ; Gordon et Lee, 2013 ; Holcombe et Williams, 2010). Il faudra davantage de travail empirique pour comprendre plus précisément la nature

des relations entre les formes physico-spatiales des villes et les modes et modalités de déplacements dans ces dernières. Nous suggérons, qu'un tel effort devrait s'appuyer d'abord sur des analyses plus rigoureuses, détaillées et attentives des formes matérielles et spatiales de la ville. Les indicateurs utilisés couramment pour quantifier les attributs de l'environnement bâti et pour caractériser sa composition, nous apparaissant souvent grossiers et quelque peu approximatifs, en particulier lorsque la forme urbaine est considérée à l'échelle locale. En outre, l'analyse de la forme urbaine se bute souvent à des limitations méthodologiques telles le *MAUP*, dont nous avons déjà touché un mot. La preuve prépondérante est cependant à l'effet que la forme urbaine exerce un impact important sur le bilan carbone des villes ; ce qui ressort en particulier lorsque l'on compare la ville compacte à la ville étalée.

**La composition des formes urbaines en ce qui a trait à la distribution spatiale des populations et des activités et fonctions urbaines (densités et affectation des sols) impacte de manière significative les comportements en matière de transport, en rapport aux choix de modes de transports et à l'intensité de leur utilisation, ainsi qu'au bilan carbone qui en découle** (Brownstone et Golob, 2009 ; Ewing et Bartholomew, 2008 ; Cervero et Murakami, 2010 ; Lee et Lee, 2014 ; Hankey et Marshall, 2010). Ewing et al. (2008) estiment que le potentiel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> qui découlerait d'un développement compact entre 5 à 12% et 9 à 16% sur un horizon de 45 ou 50 ans. Lee et Lee (2014) suggèrent que doubler la densité de population réduirait les émissions de CO<sub>2</sub> des ménages attribuables au transport et à l'utilisation d'énergie résidentielle de 48 et 35% respectivement. Barrington-Leigh et Millard-Ball (2017) avancent que le seul moyen d'atteindre les objectifs à long terme à l'égard du climat est de mettre en œuvre des politiques de transport et d'affectation des sols intégrées et globales. L'objectif poursuivi doit faire en sorte que le développement cesse de tourner autour de l'automobile et ainsi assurer que la possession d'un tel véhicule ne soit plus une nécessité (Bart, 2007).

#### *Chantier Étalement urbain et autres impacts et vulnérabilités environnementaux*

Dans la ville étalée, les émissions de GES associées aux transports sont les plus grandes contributrices aux changements climatiques. Ces dernières, de concert avec les autres émissions polluantes dégradent la qualité de l'air et celle de l'environnement plus généralement. Un autre apport significatif au bilan carbone découlant de l'étalement urbain, tient de la perte de biomasse et de la réduction des capacités de captage et stockage de carbone qui en découlent. **Or, l'affectation des sols, et en particulier les transformations de la couverture végétale à des fins d'urbanisation, affectent également les écosystèmes de manière profonde et durable : en altérant les habitats naturels, en compromettant la biodiversité (qui est tenue pour le fondement des écosystèmes), en dégradant les ressources hydriques (telle la nappe phréatique), et en déstructurant les systèmes hydrologiques** (EPA, 2013). L'étalement urbain contribue à la déstructuration des écosystèmes et à accroître leur vulnérabilité, en fractionnant ces derniers et en altérant certaines de leur composantes et dynamiques. Ce faisant, l'étalement réduit la résilience des écosystèmes en plus de réduire les services écologiques que ces derniers sont à même de rendre. Dupras et Alam (2014) ont quantifié en termes économiques la perte des services écologiques attribuables à l'étalement urbain dans la région montréalaise, pour conclure à leurs coûts importants.

Le système hydrologique naturel (ruisseaux et rivières, milieux humides, nappe phréatique) exerce des fonctions écologiques essentielles. L'étalement urbain et les pratiques constructives qui lui sont associées altèrent ce système de manière substantielle. **Outre les impacts biologiques et écosystémiques, l'urbanisation peut compromettre des sources d'approvisionnement en eau potable. Les transformations anthropiques du système hydrologique, et la multiplication des surfaces imperméables**

**notamment, interfèrent avec le cycle hydrologique (tout en contribuant à la création d'îlots de chaleur) en plus de compromettre la capacité du système à faire face aux inondations ainsi qu'aux épisodes de pluie abondante et de fort ruissellement qui se font de plus en plus fréquents et intenses, en conséquence des changements climatiques (EPA, 2013 ; Kalantari et al., 2017 ; Konrad et Booth, 2002).**

#### 5.2.4 L'aménagement durable au service de la lutte et de l'adaptation aux changements climatiques

La responsabilité la plus pressante qui incombe aux aménagistes et aux pouvoirs publics est de réduire les émissions de GES afin de stabiliser le climat. Le sommet sur le climat de Copenhague concluait qu'un tel objectif nécessite de limiter la hausse des températures médianes globales à 2°C au-dessus des températures préindustrielles tout au plus. L'accord de Paris, propose une cible « bien en deçà de 2°C », et invite à ce que tous les efforts soient déployés pour limiter l'augmentation à 1,5°C (United Nation, 2016). À titre indicatif, un tel objectif pointe vers une réduction des émissions de GES de l'ordre de 40 à 70% en deçà des niveaux de 2010 pour l'année 2050. Dans un article synthèse fort étayé et essentiel, Will Steffen et al. (2018) nous font valoir que la cible de 2% apparaît aujourd'hui comme une limite absolue à ne pas franchir pour éviter de dépasser le seuil au-delà duquel les systèmes bioclimatiques pourraient faire l'objet d'effets domino imprévisibles (« tipping cascades »). La seconde responsabilité, non moins urgente, des aménagistes et des instances décisionnelles est d'adapter les environnements urbains pour faire face aux effets menaçants des changements climatiques. Finalement, comme notre étude le démontre, nous avons la responsabilité d'assurer une meilleure intendance des systèmes naturels et notamment des écosystèmes, dans le contexte de la lutte aux changements climatiques, et plus généralement pour souscrire aux impératifs du développement durable.

Notre recherche n'avait pas les moyens de recenser l'immense littérature « appliquée » portant sur le développement durable et la lutte aux changements climatiques, dans le domaine de l'aménagement. Nos efforts ont donc porté sur la littérature scientifique afin de dresser un portrait des connaissances utiles avec pour objectif de clarifier et de « cartographier » les enjeux complexes qui se présentaient à nous. Cet exercice avait pour but de révéler les articulations entre différents ordres de phénomènes renvoyant à l'aménagement physico-spatial de la ville et à sa pratique quotidienne, au bénéfice des aménagistes et des autorités compétentes. D'excellentes ressources sont par ailleurs aisément accessibles en ligne sur les meilleures pratiques d'aménagement pour faire face aux crises environnementales. La Commission Européenne, notamment, a développé l'habitude de sonder systématiquement et d'assurer la diffusion des meilleures pratiques en ces matières afin d'encourager la connaissance et l'émulation (voir par exemple le site de la CE sous l'onglet développement urbain et régional)<sup>2</sup>. Un article récent recense de même les plans locaux de lutte aux changements climatiques de 885 villes européennes (Reckien et al., 2018). L'agence européenne de l'environnement (2016) recense elle aussi les meilleures pratiques en la matière (voir à ce sujet *Urban adaptation to climate change in Europe 2016*).

Tout en reconnaissant la complexité de la réalité dans laquelle elles s'engagent, il est possible de synthétiser les approches durables en aménagement autour d'un petit nombre d'idées et de principes communs. Un thème récurrent vise à restriction de l'étalement urbain avec pour objectif de canaliser le développement dans les secteurs déjà urbanisés, en priorisant les secteurs bien pourvus en services et en commodités. À l'égard du type de développement à privilégier un consensus existe autour de quelques principes de base : 1. accroître les densités de population et d'activités ; 2. favoriser les affectations mixtes

---

<sup>2</sup> [https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/priority-themes/climate-adaptation-cities\\_en](https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/priority-themes/climate-adaptation-cities_en)

; 3. investir de manière significative dans le développement des transports collectifs et actifs, et ; 4. protéger et restaurer les systèmes naturels tout en renforçant la biodiversité (Johnson, 2001 ; Breheny, 1992 ; Holden et Norland, 2005 ; Kelbaugh, 1997 ; Calthorpe, 1993 ; European Commission, 2004 ; Rogers et al., 1999). Ces approches visent ainsi à réduire la dépendance à l'automobile en vue de réduire l'empreinte environnementale des villes et accroître la qualité de vie urbaine. Juguler l'étalement urbain est essentiel à cet égard. Mais cette expression devrait signifier, tout à la fois : mettre fin à l'étalement spatial à proprement parler, et réaménager la ville étalée. En outre, à l'aulne de la recherche recensée, ce réaménagement devrait affecter l'ensemble du système urbain, secteurs centraux inclus. Les approches d'urbanisme durable ont connu une diffusion très large dans les milieux de l'aménagement, au point d'y constituer le paradigme dominant des 30 dernières années au moins. Il est donc quelque peu paradoxal que ces dernières n'aient pas infléchi davantage les émissions de GES. Certains y verront peut-être un déficit de volonté politique se traduisant en une paucité de mesures concertées et énergiques. Ewing et al. (2008, p.129) soutiennent ainsi que « la clé pour réduire les émissions de GES de manière substantielle, est de faire en sorte que les politiques publiques, les pratiques, le financement, les dépenses, les incitatifs, et la réglementation pointent tous dans la même direction : vers l'aménagement durable (*smarth growth*) et à l'encontre de l'étalement ». À la lumière de la littérature recensée dans cette étude, nous avançons que ce qui pose problème est notamment la difficulté de déployer une approche multi-scalaire et intégrée touchant tout à la fois : les transports, la forme urbaine, l'affectation du sol et les systèmes naturels. Nous souscrivons également à l'opinion de Burchell et al. (1998 p.37), qui allèguent que pour être durable, le développement doit être modulé en fonction de la limite de capacité des infrastructures et services publics à accommoder la croissance. Cette assertion est plus profonde qu'il n'y paraît.

Nielson (2017) a développé un modèle normatif qui illustre parfaitement ce qu'entendent Burchell et al. La proposition de Nielson est remarquable par sa clarté conceptuelle et par les principes directeurs qu'elle avance pour guider l'action et la prise de décision. Son modèle est largement inspiré du travail de l'économiste Kate Raworth, qui a développé la théorie normative dite du beignet (le *doughnut model*). Raworth (2018) conceptualise l'économie comme système régénératif et distributif représenté comme un espace en forme de beignet, dont la *limite externe* correspond au plafond écologique marquant la limite au-delà de laquelle neuf des systèmes de soutien de la vie écologique sont irrémédiablement compromis (par les changements climatiques, l'acidification des océans, la conversion des sols, la perte de biodiversité, etc., cf. Figure 1), et dont la *limite interne* marque l'assise sociale (*social foundation*) en vertu de laquelle douze besoins sociaux de base (habitation, nourriture, besoins énergétiques, équité sociale) devront être satisfaits au bénéfice de tous. (Figure 5). Suivant ce modèle, l'économie doit être mise au service du bien commun afin de satisfaire les besoins de la population sans compromettre la viabilité des systèmes écologiques et leur capacité à se régénérer. Nielson (2017, p.22) propose de combiner le modèle de Raworth avec le modèle de Copenhague pour l'adaptation climatique (*Copenhagen model for climate adaptation and city nature*) afin de traduire le premier en termes urbanistiques, autour d'enjeux tel l'agriculture, la gestion des eaux de pluie, la régulation microclimatique, la réduction du CO2, la qualité de l'air, etc. (Copenhagen, 2016). Ce que l'approche développée par Raworth et par Nielson à sa suite démontre est que la dé-carbonisation de notre mode de vie et la transition économique qui doit accompagner cette dernière n'ont pas à être des exercices coercitif ou négatifs centrés sur la nécessité de réduire, restreindre ou abandonner les commodités et le confort qui caractérisent notre mode de vie. Des changements importants s'imposent, à l'évidence, mais il y a place pour le progrès, pour l'amélioration de la qualité de vie et pour une plus grande équité, sans compromettre l'avenir. Il ne s'agit pas, en l'espèce, d'une nouvelle incarnation de la célèbre métaphore du verre à moitié plein ou à moitié vide. La différence

n'en est pas une de perception. Les gains pour la qualité de vie sont réels et tangibles, à la fois au plan individuel que collectif. Ils se traduisent par un environnement plus sain, par une amélioration des conditions de santé, voire, par un mode de vie moins atomisé et de nouvelles solidarités sociales. Une fois établi que certains types de développement et pratiques urbaines sont non-soutenables, la tâche des aménagistes consiste à développer des stratégies destinées à améliorer la qualité de la vie dans les milieux touchés, et à mobiliser la population à cette fin.

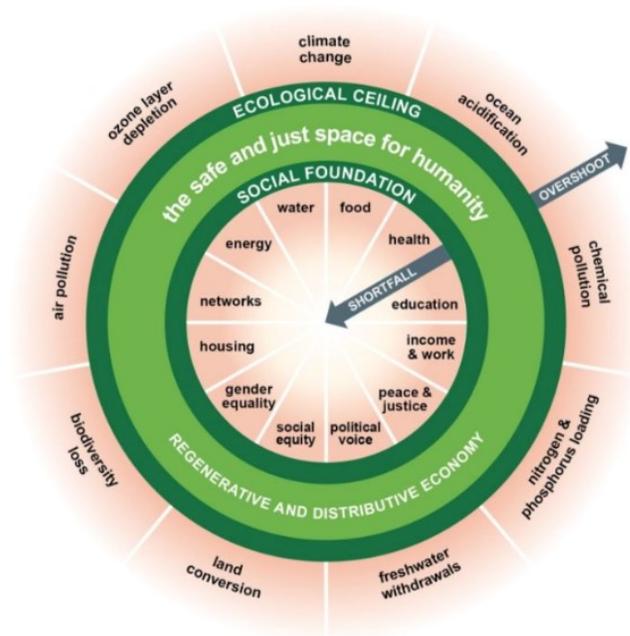


Figure 4. Le modèle économique du beignet par Kate Raworth

### 5.3. Conclusions

Cette recherche visait à tracer un portrait général de l'étalement urbain en rapport avec les changements climatiques dans une perspective systémique mettant en lumière un certain nombre d'articulations-clés entre la forme urbaine, l'affectation du sol, le couvert végétal ou artificiel, les transports et les systèmes naturels. Le tableau qui se dégage de la littérature scientifique pertinente indique un bon nombre de consensus et de points de convergence, mais aussi quelques angles morts et déficiences conceptuelles et méthodologiques. La notion même d'étalement soulève des questions théoriques et méthodologiques difficiles, qui rendent problématique son opérationnalisation, que ce soit à des fins d'analyse empirique ou de recherche appliquée. Notre exploration de ces questions illustre l'importance de considérer à la fois la ville dite étalée, la ville dite compacte, et tous leurs avatars intermédiaires pour mieux comprendre les dynamiques urbaines dans toutes leur complexité. Le système urbain forme en outre un tout qui est davantage que la somme de ses parties. Les rapports entre les parties et entre ses dernières et le tout, doivent être pris en compte. De telles considérations illustrent la nécessité d'adopter une approche

systemique et multi-scalaire pour servir à la fois nos efforts de compréhension et d'intervention. Nous nous sommes permis de suggérer que la discipline de la morphologie urbaine pouvait être utile à de telles fins. Par ses propositions théoriques et ses méthodes, de même que par ses résultats empiriques, la morphologie urbaine aide à rendre intelligible la multiplicité de formes matérielles et spatiales urbaines et ainsi mettre en lumière les combinaisons qui se traduisent en une variété de d'impacts et de conséquences environnementaux. Une telle approche est également utile pour soutenir l'urbanisme physico-spatial, en vue de la transformation des milieux bâtis pour y réduire la dépendance à l'automobile et la réhabilitation ou le redéveloppement des espaces ainsi récupérés.

Le corpus de recherches empiriques colligées pour cette étude (que l'on estime globalement représentatif de la recherche pertinente à notre sujet) permet de conclure sans ambiguïté que : 1. plus une ville ou une région est touchée par l'étalement, plus grands sont ses impacts environnementaux, incluant à l'égard des changements climatiques ; 2. les environnements compacts, mixtes et bien desservis par les transports collectifs, sont moins dommageables pour l'environnement, et à l'égard des changements climatiques, que les environnements étalés, présentant de faibles densités résidentielles, une faible intensité d'utilisation du sol et qui sont dépendants de l'automobile ; 3. fait important, pour chacun de ces aspects, les disparités et variations peuvent être établies quantitativement. Pour faire image, la recherche indique que la combinaison de conditions associées aux environnements compacts ou étalés, induisent respectivement un cercle vertueux et un cercle vicieux. À ce jour, cependant, la recherche ne livre pas un ensemble cohérent de données probantes indiquant le dosage approprié et la combinaison optimale de densités résidentielles, d'affectation des sols et des modes de transports, pour ne rien dire des manières de réhabiliter et revitaliser les milieux existants.

Plusieurs des impacts sur les changements climatiques et autres systèmes naturels décrits ci-avant sont des conséquences de l'urbanisation, quelle que soit sa forme, et ne sont pas spécifiques à l'étalement urbain. Cependant, dans la plupart des cas, du fait de ses caractéristiques spatiales particulières, la ville étalée génère des impacts environnementaux significativement plus importants que la ville dite compacte. Cela s'avère à la fois quand on compare les réalités urbaines à l'échelle infrarégionale, ou lorsque l'on compare des régions entre elles. Une utilisation du sol de faible intensité, de faibles densités résidentielles, des fonctions urbaines spatialement ségréguées, et des réseaux viaires dotés d'une faible connectivité entraînent une utilisation très élevée de l'automobile, qui se traduit en niveaux d'émission de GES intenable. Le remplacement graduel des véhicules à moteur à combustion interne par des véhicules mus à l'électricité, bien qu'éminemment désirable, ne réduira qu'en partie les coûts environnementaux attribuables à l'auto-mobilité, en laissant en plan d'autres externalités négatives, environnementales, mais aussi sociales et économiques. La conversion à grande échelle du couvert végétal induite par l'étalement urbain occasionne des pertes excessives de terres arables ainsi que d'aires forestières et de prairies, en plus d'entraîner la dégradation des écosystèmes et systèmes hydrologiques naturels. Les conditions ainsi créées plombent le bilan carbone en plus d'accroître la vulnérabilité à l'égard des effets des changements climatiques. Lorsque considérés en rapport au nombre de personnes desservies au km<sup>2</sup> dans la ville étalée, le coût environnemental de cette dernière est injustifiable. Au regard de la plupart des indicateurs environnementaux (émission de GES, consommation d'énergie, qualité de l'air, îlots de chaleurs, perte d'habitats, biodiversité, et utilisation générale des ressources), la ville étalée est une forme d'urbanisation très nettement sous-optimale. Or la ville étalée, qui est aussi la ville de l'auto-mobilité, induit des logiques spatiales et des propriétés fonctionnelles qui touchent l'ensemble du système urbain. Remédier à l'étalement nécessite de repenser l'organisme urbain dans sa totalité.

## 6. Conclusion et recommandations

### Épilogue par Pierre Gauthier

Le temps presse. Selon diverses évaluations scientifiques au rythme actuel, il ne reste qu'une quinzaine d'années avant que l'on atteigne une hausse de 1,5° C par rapport aux niveaux préindustriels, un seuil au-delà duquel les changements climatiques pourraient entraîner un effet domino potentiellement catastrophique sur le climat et sur les autres systèmes naturels. Dans ces circonstances, il faut impérativement juguler l'étalement urbain au Québec. Il serait irresponsable de continuer à investir des ressources dans un tel mode de développement. Comme notre rapport le suggère, arrêter l'étalement urbain ne suffit pas. D'autres ensembles de mesures sont nécessaires. Ces derniers peuvent être déclinés en trois volets.

Le premier volet touche la dé-carbonisation des transports et du secteur résidentiel. Ces actions ne relèvent pas des instances en aménagement du territoire à proprement parler, bien que ces dernières doivent être mise à contribution pour déployer les infrastructures d'alimentation des véhicules notamment. L'électrification du parc automobile québécois fait sens, dans la mesure où nous disposons d'une source d'électricité propre. Bien qu'éminemment désirable, l'électrification ne réduira qu'en partie les coûts environnementaux attribuable à l'auto-mobilité. D'une part, les véhicules électriques ne sont pas neutres en carbone. D'autre part l'électrification des automobiles ne s'attaque pas aux autres conséquences environnementales et vulnérabilités inhérentes à la dépendance généralisée à l'automobile.

Le second volet touche donc la réduction de la dépendance à l'automobile, qui nous paraît être la pièce-maîtresse pour assurer un développement urbain soutenable. Une telle réduction passe par des investissements massifs dans les transports collectifs et actifs. Ce développement doit prendre assise sur une articulation fine entre l'affectation du sol et réseaux de transports collectifs et actif (eux-mêmes conçus comme réseaux intégrés). L'approche TOD, qui est officiellement avalisée par le PMAD de la CMM, est certainement un pas dans la bonne direction, mais il faut aller beaucoup plus loin. L'approche doit s'appliquer à toutes les échelles. Elle doit informer le redéploiement spatial des services de transports existants en fonction des conditions actuelles d'affectation des sols (par exemple les zones d'emplois mal desservies), et informer inversement le redéploiement spatial des fonctions urbaines autour des infrastructures de transport (par exemple en déplaçant des commerces vers les points de chute du transport collectif). La situation appelle une approche multi-scalaire et intégrée des transports et de l'affectation des sols. L'enjeu est de requalifier la ville de l'automobile en instituant un nouveau système spatial. À défaut d'une telle approche intégrée, les investissements en transport collectifs peuvent être, au mieux sous-optimaux, et au pire, très dommageables pour l'environnement. Le REM par exemple pourrait avoir des effets néfastes sur la lutte aux changements climatiques, si le déploiement d'un tel service contribue à un plus grand étalement urbain. Le REM pourrait au contraire avoir des effets bénéfiques, mais un manque de coordination entre la planification des transports et l'aménagement urbain risquerait de limiter grandement le « retour sur l'investissement », en nous faisant rater l'occasion de changements profonds qui s'imposent d'urgence. Le succès du REM ou de tout projet comparable doit être mesuré à l'aune de la réduction du nombre de VKP.

La question de la requalification des milieux est essentielle. Elle fait l'objet du troisième volet. La réduction de la dépendance à l'automobile implique de desservir des lieux qui ne l'étaient pas par du transport

collectif et de déplacer certaines fonctions urbaines près des réseaux de transport. En outre, le transfert modal depuis l'automobile vers d'autres modes créera des opportunités pour récupérer des espaces et infrastructures (stationnements, voirie, etc.), pour les dédier à d'autres usages. En guise d'exemple, nous n'avons qu'à penser comment la crise de la désindustrialisation a généré son lot d'opportunités de redéveloppement urbain. De telles manœuvres impliquent une requalification physico-spatiale et un travail de retissage du « matériau » urbain. La même approche de requalification des milieux, et la même analogie du retissage, s'appliquent au regard des milieux naturels et des écosystèmes. L'approche multi-scalaire et intégrée déjà évoquée doit donc toucher : les transports, la forme urbaine, l'affectation du sol et les systèmes naturels, afin de déterminer notamment, quel type de développement est le plus approprié aux sites disponibles, et de prioriser ceux de ces sites qui offrent le meilleur retour sur l'investissement. Il faut dans tous les cas miser sur des formes de développement ayant des vertus curatives et réparatrices. Gardons cependant à l'esprit que l'on construit environ 4,000 unités d'habitation dans la grande région de Québec et environ 20,000 dans la région montréalaise annuellement.<sup>3</sup> Bien qu'appréciables, de telles quantités de logement ne représentent respectivement qu'un peu moins de 1,2% du stock de total logements de ces communautés métropolitaines, d'où l'importance de canaliser les investissements privés et publics, là où le retour sur l'investissement - entendu en termes environnementaux, sociaux et économiques ici - sera le plus important.

*Plus qu'un problème technique, un problème culturel*

Pour une majorité de Nord-Américains, et pour une forte proportion de Québécois, la ville de l'étalement constitue le principal milieu urbain dont ils auront fait l'expérience au cours de leur vie. En conséquence, sous nos latitudes, l'étalement urbain est généralement vu comme une évidence ou comme une fatalité. Ce type de développement est souvent perçu comme répondant le mieux au mode de vie contemporain et à ses attentes en matière de quiétude et de confort matériel, cela en dépit d'externalités négatives évidentes telle la congestion routière, les temps de déplacement et des coûts élevés de transport. Depuis quelque huit milles ans, pourtant, le mode de vie urbain fut fondé sur le principe de la marche, dans ses formes matérielles et spatiales comme dans son fonctionnement quotidien. Même les villes très peuplées étaient limitées, dans leur expansion spatiale, à un rayon d'environ 5 km; une distance correspondant à environ une heure de marche entre le centre et la périphérie urbaine. La ville compacte, dont on comprend mieux aujourd'hui les vertus, est le produit de ses conditions; la croissance démographique devant être absorbée de l'intérieur, une fois lesdites limites atteintes. L'apparition et le déploiement rapide du train et du tramway vers la fin du 19<sup>ième</sup> siècle ont permis l'expansion spatiale des villes au-delà de ses seuils traditionnels. À l'échelle locale néanmoins, les quartiers du tramway, les *streetcar suburbs*, étaient toujours organisés spatialement de manière à donner accès aux services de proximité à courte distance de marche. C'est évidemment l'apparition et la généralisation de l'utilisation de l'automobile qui transformera de manière drastique nos façons de concevoir et d'habiter la ville. Le système spatial de la ville de l'étalement dénote ces nouvelles conditions. Dans les banlieues étalées, posséder une automobile est une nécessité pleinement assumée. En outre, dès qu'une part significative du

---

<sup>3</sup> Sources CMQ: <https://www.cmquebec.qc.ca/cartes-statistiques/tableaux-statistiques>, et CMM <http://cmm.qc.ca/donnees-et-territoire/observatoire-grand-montreal/outils-statistiques-interactifs/grand-montreal-en-statistiques/?t=7&st=12&i=1629&p=2016&e=3>

territoire urbain ne peut être pratiqué qu'en automobile, c'est tout le système urbain qui doit être réaménagé pour accommoder ce mode de transport.

Les conditions tout juste évoquées, accompagnée d'une perspective historique à courte vue, rendent très difficile à la plupart des citoyens d'envisager se mouvoir dans leur ville autrement qu'en automobile. En outre, l'apparente innocuité de la banlieue – souvent perçue comme l'environnement idéal pour élever une famille – et sa banalité empêchent ses habitants de prendre la pleine mesure du gaspillage de ressources qu'entraîne le système spatial du développement étalé. Cette mise en contexte peut aider à comprendre notre propension à nous focaliser sur des expédients technologiques telle l'électrification des automobiles individuelles, ou la conversion des maisons à l'énergie solaire. Bien que de telles technologies soient utiles, elles ne doivent pas masquer la nécessaire remise en question le système de développement que l'étalement urbain incarne, ni nous distraire de nos obligations de traiter le problème de manière plus globale et systématique, en intervenant à un niveau que l'on pourrait qualifier de « structurel ».

### *Un enjeu de gouvernance et de leadership politique*

Les Québécois sont appelés à changer leurs habitudes en vue d'adopter des comportements plus respectueux de l'environnement. Cela est évidemment tout à fait souhaitable mais absolument insuffisant. La situation d'urgence appelle une action concertée et une démarche intégrée. Le citoyen est parfaitement capable de se représenter l'ampleur des problèmes environnementaux et de se mobiliser, mais ne peut pas, sur une base individuelle, concevoir et mettre en œuvre le type de solutions exigées. Le leadership politique doit s'exercer afin de développer, de concert avec les citoyens, des stratégies vigoureuses de transition énergétique et de requalification urbaine. L'un des problèmes qui se posent aux instances politiques tient au fait que les efforts à fournir et les bénéfices à espérer varient grandement selon la situation géographique et les conditions socio-économiques de leurs commettants respectifs. Alors qu'il faut offrir les moyens matériels et les stimuli pour que le banlieusard décide de se mouvoir dans la ville autrement qu'en automobile, il faut amener le citoyen des quartiers centraux ou des vieilles banlieues à envisager que la qualité de vie accrue de son quartier doit peut-être se payer au prix d'un développement plus dense ou de la venue de nouvelles populations. La production de scénarios de développement intégrés et les arbitrages sociaux que ces derniers nécessiteront ne peuvent pas être gérés en silo. La transition appelle un effort concerté et tous azimuts ainsi qu'un mode de gouvernance adapté. En outre, les différentes instances doivent apprendre à mieux coordonner leurs efforts depuis l'échelle des quartiers et des arrondissements, jusqu'à celles des paliers supérieurs de gouvernement qui contrôlent notamment les investissements en infrastructures de transport. Les communautés métropolitaines et les municipalités régionales de comté semblent être stratégiquement positionnées pour coordonner les efforts, en raison notamment de leur échelle d'intervention intermédiaire entre le local et le national.

## **7. Références**

1. Adelman, G W. (1998). Reworking the landscape, Chicago style. *Hastings Center Report*, Vol. 28 (6), pp. 6-11.
2. Adeyemi, Adeniyi., Botai, Joel., Ramoelo, Abel., van der Merwe, Fritz., et Tsela, Philemon. (2015). Effect of impervious surface area and vegetation changes on mean surface temperature over Tshwane metropolis, Gauteng Province, South Africa. *South African Journal of Geomatics*, Vol. 4 (4), pp. 351-368. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/sajg.v4i4.1>

3. Adolphe, Luc. (2001). A simplified model of urban morphology: application to an analysis of the environmental performance of cities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 28 (2), pp. 183-200.
4. Ala-Mantila, S., Heinonen J., etJunnila, S. (2014). Relationship between urbanization, direct and indirect greenhouse gas emissions, and expenditures: a multivariate analysis. *Ecological Economics*, Vol. 104, pp. 129-139. DOI:10.1016/j.ecolecon.2014.04.019.
5. Ala-Mantila, Sanna., Junnila, Seppo., etHeinonen, Jukka. (2013). Greenhouse Gas Implications of Urban Sprawl in the Helsinki Metropolitan Area. *Sustainability*, Vol. 5 (10), pp. 4461-4478. doi:10.3390/su5104461.
6. Alberti, M. (1999). Modeling the urban ecosystem: A conceptual framework. *Environment and Planning B*, Vol. 26 (4), pp. 605-630.
7. Alexander, Craig. (2014). Natural catastrophes: a Canadian economic perspective. *Special report—TD economics*, April 14. [www.td.com/economics](http://www.td.com/economics).
8. Alexander, Don. etTomalty, Ray. (2002). Smart growth and sustainable development: Challenges, solutions and policy directions. *Local Environment*, Vol. 7 (4), pp. 397-409.
9. Alterman, Rachele. (1997). The Challenge of Farmland Preservation: Lessons from a Six-Nation Comparison. *Journal of the American Planning Association*, Vol. 63 (2), pp. 220-243. <https://doi.org/10.1080/01944369708975916>
10. Arribas-Bel, Daniel. et Schmidt, Charles R. (2013). Self-organizing Maps and the US Urban Spatial Structure. *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 40 (2), pp. 362–371.
11. Andrews, Clinton J. (2008). Greenhouse Gas Emissions along the Rural-urban Gradient. *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 51 (6), pp. 847-870. <https://doi.org/10.1080/09640560802423780>
12. Asia Pacific Energy Research Centre (APERC). (2007). *Urban Transport Energy Use in the APEC Region: The Trends and Options*. APERC, Tokyo.
13. Banai, Reza. et DePriest, Thomas. (2014). Urban Sprawl: Definitions, Data, Methods of Measurement, and Environmental Consequences. *Journal of Sustainability Education*, Vol. (7). Retrieved from: <http://www.jsedimensions.org/wordpress/wp-content/uploads/2014/12/Banai-DePriest-JSE-Vol-7-Dec-2014.pdf>
14. Banerjee, U. et Hine, J. (2014). Identifying the underlying constructs linking urban form and travel behaviour using a grounded theory approach. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 11 (8), pp. 2217-2232.
15. Baklanov, Alexander., Molina, Luisa T., et Gauss, Michael. (2016). Megacities, air quality and climate. *Atmospheric Environment*, Vol. 126, pp. 235-249.
16. Barbour, Elisa. et Deakin, Elizabeth A. (2012). Smart Growth Planning for Climate Protection. *Journal of the American Planning Association*, Vol. 78 (1), pp. 70-86. DOI:10.1080/01944363.2011.645272
17. Barnes, Kent B., Morgan, John M., Roberge, Martin C., et Lowe, Shannon. (2001). *Sprawl Development: its patterns, consequences and measurement*. Towson University. Retrieved January 24, 2018 from [https://tigerweb.towson.edu/morgan/files/sprawl\\_development.pdf](https://tigerweb.towson.edu/morgan/files/sprawl_development.pdf)
18. Barrington-Leigh, Christopher. et Millard-Ball, Adam. (2015). A century of sprawl in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 112 (27), pp. 8244-8249. DOI: 10.1073/pnas.1504033112
19. Bart, István László. (2010). Urban sprawl and climate change: A statistical exploration of cause and effect, with policy options for the EU. *Land Use Policy*, Vol. 27 (2), pp. 283-292. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.03.003>

20. Bartholomew, K. et Ewing, R. (2008). Land use-transportation scenarios and future vehicle travel and land consumption: A meta-analysis. *Journal of the American Planning Association*, Vol. 75(1), pp. 1-15.
21. Baur, Albert H., Förster, Michael., et Kleinschmit, Birgit. (2015). The spatial dimension of urban greenhouse gas emissions: analyzing the influence of spatial structures and LULC patterns in European cities. *Landscape Ecology*, Vol. 30 (7), pp. 1195-1205.
22. Bereitschaft, Bradley. et Debbage, Keith. (2013). Urban Form, Air Pollution, and CO2 Emissions in Large U.S. Metropolitan Areas. *The Professional Geographer*, Vol. 65 (4), pp. 612-635. DOI: 10.1080/00330124.2013.799991
23. Bertolini, L., Le Clercq, F., et Kapoen, L. (2005). Sustainable accessibility: A conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. *Transport Policy*, Vol. 12 (3), pp. 207-220.
24. Bogart, William T. (2006). *Don't call it sprawl: metropolitan structure in the 21st century*. Cambridge University Press.
25. Boyko, C.T. et Cooper, R. (2011). Clarifying and re-conceptualising density. *Progress in Planning*, Vol. 76 (1), pp. 1-61.
26. Bray, Riina., Vakil, Catherine., Elliott, David., et Abelsohn, Alan. (2005). *Report on Public Health and Urban Sprawl in Ontario: A review of the pertinent literature*. Environmental Health Committee, Ontario College of Family Physicians.
27. Breheny, Michael. (1992a). The contradictions of the compact city: A review. In *Sustainable development and urban form*, ed. Michael Breheny, pp. 138-159. London: Pion.
28. Brueckner, J. K. (2000). Urban Sprawl: Diagnosis and Remedies. *International Regional Science Review*, Vol. 23 (2), pp. 160-171.
29. Bruegmann, R. (2006). *Sprawl: A compact history*. Chicago: University of Chicago Press.
30. Burchell, Robert W. et Mukherji, Sahan. (2003). Conventional Development Versus Managed Growth: The Costs of Sprawl. *American Journal of Public Health*, Vol. 93 (9), pp. 1534-1540.
31. Burchell, R W., Shad, N A., Listokin, D., Phillips, H., Seskin, S., Davis, J S., Moore, T., Helton, D., et Gall, M. (1998). *The Costs of Sprawl Revisited: Transportation Research Board Report 39*. (National Academy Press, Washington, DC).
32. Burchell, R W., Lowenstein G., Dolphin W R., et al. (2002). Costs of Sprawl, 2000. *Transit Cooperative Research Program (TCRP) Report 74*. Transportation Research Board: Washington.
33. Burchfield, M., Overman, H. G., Puga, D., et Turner, M. A. (2006). Causes of sprawl: a portrait from space. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 121 (2), pp. 587-633.
34. Burchell, R. W., Shad, N. A., Lisotkin, D., Phillips, H., Downs, A., Seskin, S., et al. (1998). *The Costs of Sprawl-Revisited*. Washington, DC: National Academy Press.
35. Burton, T. et Matson, L. (1996). Urban footprints: Making the best use of urban land and resources. In M. Jenks., Elizabeth, Burton., & Katie, Williams. (Eds.). *The compact city: A sustainable urban form?* (pp. 298-301). London ; New York: E & FN Spon.
36. Buzzetti, J. Gauthier, P. et MacDougall, K. (Forthcoming). *Partitioning Montréal: On delineating, quantifying, characterizing and classifying street networks*.

37. Cai, Danlu., Fraedrich, Klaus., Guan, Yanning., Guo, Shan., et Zhang, Chunyan. (2017). Urbanization and the thermal environment of Chinese and US-American cities. *Science of the Total Environment*, Vol. 589, pp. 200-211. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.148
38. Carmona, M. (2015). London's local high streets: The problems, potential and complexities of mixed street corridors. *Progress in Planning* (sous presses), Vol. 100, pp. 1-84.
39. Cervero, R. (2002). Built environment and mode choice: Toward a normative framework. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 7 (4), pp. 265-284. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s1361-9209\(01\)00024-4](http://dx.doi.org/10.1016/s1361-9209(01)00024-4)
40. Cervero, Robert. et Sullivan, Cathleen. (2011). Green TODs: marrying transit-oriented development and green urbanism. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Vol. 18 (3), pp. 210-218. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504509.2011.570801>
41. Chinitz, Benjamin. (1965). *City and suburb: the economics of metropolitan growth*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
42. Churchman, Arza. (1999). Disentangling the concept of density. *Journal of Planning Literature*, Vol. 13 (4), pp. 389-411. DOI: 10.1177/08854129922092478
43. Copenhagen. (2016). *Climate Adaptation and Urban Nature*. City of Copenhagen and SLA Architects.
44. Cutsinger, J., Galster, G., Wolman, H., Hanson, R., et Towns, D. (2005). Verifying the Multi-dimensional Nature of Metropolitan Land Use: Advancing the Understanding and Measurement of Sprawl. *Journal of Urban Affairs*, Vol. 27 (3), pp. 235-259. <https://doi.org/10.1111/j.0735-2166.2005.00235.x>
45. Debbage, Neil., Bereitschaft, Bradley., et Shepherd, J. Marshall. (2017). Quantifying the Spatiotemporal Trends of Urban Sprawl Among Large US Metropolitan Areas Via Spatial Metrics. *Applied Spatial Analysis and Policy*, Vol. 10 (3), pp. 317-345.
46. Deng, Xiangzheng., Zhao, Chunhong., et Yan, Haiming. (2013). Systematic Modeling of Impacts of Land Use and Land Cover Changes on Regional Climate: A Review. *Advances in Meteorology*, Vol. (2013), pp. 1-11. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/317678>
47. Doherty, Michael., Nakanishi, Hitomi., Bai, Xuemei., et Meyers, Jacqui. (2009). *Relationships between form, morphology, density and energy in urban environments*. GEA Background Paper. [https://www.researchgate.net/publication/318348607 Relationships between form morphology density and energy in urban environments](https://www.researchgate.net/publication/318348607_Relationships_between_form_morphology_density_and_energy_in_urban_environments)
48. Downs, Anthony. (1998). How America's Cities Are Growing: The Big Picture. *Brooking Review*, Vol. 16 (4), pp. 8-12.
49. Downs, Anthony. (1999). Some Realities about Sprawl and Urban Decline. *Housing Policy Debate*, Vol. 10 (4), pp. 955-974.
50. Duany, Andres., Plater-Zyberk, Elizabeth., et Speck, Jeff. (2000). *Suburban Nation: The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream*. New York: North Point Press
51. Dupras, J. et Alam, M. (2015). Urban sprawl and ecosystem services: A half century perspective in the Montreal area (Quebec, Canada). *Journal of Environmental Policy & Planning*, Vol. 17 (2), pp. 180-200. DOI: 10.1080/1523908X.2014.927755
52. Echenique, Marcial H., Hargreaves, Anthony J., Mitchell, Gordon., and Namdeo, Anil. (2012). Growing Cities Sustainably: Does Urban Form Really Matter? *Journal of the American Planning Association*, Vol. 78 (2), pp. 121-137.

53. Emadodin, Iraj., Taravat, Alireza., et Rajaei, Masih. (2016). Effects of urban sprawl on local climate: A case study, north central Iran. *Urban Climate*, Vol. 17, pp. 230-247. DOI: 10.1016/j.uclim.2016.08.008
54. Estiri, Hossein. (2016). Differences in Residential Energy Use between US City and Suburban Households. *Regional Studies*, Vol. 50 1(1), pp. 1919-1930.
55. European Environment Agency (EEA). (2016). *Urban adaptation to climate change in Europe 2016*. <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-2016>
56. European Commission. (2004). *Building the future: EU Research for sustainable urban development and land use – Sustainable urban environmental*. Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities. [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/environment/docs/sue\\_btf\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/environment/docs/sue_btf_en.pdf)
57. Ewing, Reid. (1994). Characteristics, Causes, and Effects of Sprawl: A Literature Review. In *Urban Ecology, An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature*, (2008). By John M. Marzluff et al., London Springer, pp. 519-535.
58. Ewing, Reid. (1997). Is Los Angeles-style sprawl desirable? *Journal of the American Planning Association*, Vol. 63 (1), pp. 107-126.
59. Ewing, Reid. (2005). Can the Physical Environment Determine Physical Activity Levels? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol. 33 (2), pp. 69-75.
60. Ewing, Reid., Bartholomew, Keith., Winkelman, Steve., Walters, Jerry., et Chen, Don. (2008). *Growing Cooler: The Evidence on Urban Development and Climate Change*. Washington, DC: Urban Land Institute.
61. Ewing, Reid. et Cervero, Robert. (2001). Travel and the Built Environment. *Transportation Research Record*, Vol. 1780, pp. 87-113.
62. Ewing, Reid. et Cervero, Robert. (2010). Travel and the Built Environment: A MetaAnalysis. *Journal of the American Planning Association*, Vol. 76 (3), pp. 265-294. DOI: 10.1080/01944361003766766
63. Ewing, Reid. et Hamidi, Shima. (2014). *Measuring Sprawl 2014*. Report prepared for Smart Growth America. Accessed January 9th, 2018. <https://www.smartgrowthamerica.org/app/legacy/documents/measuring-sprawl-2014.pdf>
64. Ewing, Reid. et Hamidi, Shima. (2015). Compactness versus Sprawl: A Review of Recent Evidence from the United States. *Journal of Planning Literature*, Vol. 30 (4), pp. 413-432.
65. Ewing, Reid., Hamidi, Shima., Nelson, Arthur C., et Grace, James B. (2014). Structural equation models of VMT growth in US urbanised areas. *Urban Studies*, Vol. 51 (14), pp. 3079-3096. DOI: 10.1177/0042098013516521.
66. Ewing, Reid. and Rong, Fang. (2008). The Impact of Urban Form on U.S. Residential Energy Use. *Housing Policy Debate*, Vol. 19 (1), pp. 1-30.
67. Ewing, Reid., Schmid, T., Killingsworth, R. et al. (2003). Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity. *American Journal of Health Promotion*, Vol. 18 (1), pp. 47-57. doi: 10.1007/978-0-387-73412-5\_37.
68. Ewing, Reid., Pendall, Rolf., et Chen, Don. (2003). Measuring Sprawl and Its Transportation Impacts. *Transportation Research Record*, Vol. 1831, pp. 175-183.
69. Ewing, Reid., Tian, Guang., et Lyons, Torrey. (2018). Does compact development increase or reduce traffic congestion? *Cities*, Vol. 72 (A), pp. 94-101.
70. Fannie Mae. (1996). *National Housing Survey*. Washington, DC. 27

71. Fercovic, Juan. et Gulati, Sumeet. (2016). Comparing household greenhouse gas emissions across Canadian cities. *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 60, pp. 96-111.
72. Flowerdew, Robin. (2009). *Understanding the modifiable areal unit problem*. Retrieved 2017/11/28 from [https://www.ed.ac.uk/files/imports/fileManager/RFlowerdew\\_Slides.pdf](https://www.ed.ac.uk/files/imports/fileManager/RFlowerdew_Slides.pdf)
73. Frenkel, Amnon. et Ashkenazi, Maya. (2008). Measuring Urban Sprawl: How Can We Deal with It? *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 35, pp. 56-79.
74. Frumkin, Howard., Frank, Lawrence. et Jackson, Richard. (2004). *Urban sprawl and public health: designing, planning, and building for healthy communities*, Washington, DC: Island Press.
75. Forsy, Elizabeth A. et Allen, Craig R. (2005). The impacts of sprawl on biodiversity: the ant fauna of the lower Florida Keys. *Ecology and Society*, Vol. 10 (1): 25. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art25/>
76. Forsyth, Ann. (2003). Measuring Density: Working Definitions for Residential Density and Building Intensity. *Design Centre for American Urban Landscape*, Vol. 8 (8), pp. 2-8.
77. Fulton, W., Pendall, R., Nguyen, M., et Harrison, A. (2001). *Who Sprawls Most? How Growth Patterns Differ across the U.S.* Washington, DC: Brookings Institution.
78. Galster, George. et Cutsinger Jackie. (2007) Racial Settlement and Metropolitan Land Use Patterns: Does Sprawl Abet Black-White segregation? *Urban Geography*, Vol. 28 (6), pp. 516-553
79. Galster, George., Hanson, Royce., Ratcliffe, Michael R., Wolman, Harold., Coleman, Stephen., et Freihage, Jason. (2001). Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept. *Housing Policy Debate*, Vol. 12 (4), pp. 681-717.
80. Garreau, Joel. (1992). *Edge City: Life on the New Frontier*. New York: Doubleday.
81. Gordon Peter. et Richardson, Harry W. (1997a). Are compact cities a desirable planning goal? *Journal of the American Planning Association*, Vol. 63 (1), pp. 95-106.
82. Gordon, Peter. et Richardson, Harry W. (1997b). Where's the sprawl? *Journal of the American Planning Association*, Vol. 63 (2), pp. 275-278.
83. Gouvernement du Québec. (2018). Changements climatiques: des actions pour la réduction des GES. Accessed October 30th, 2018. [http://www.budget.finances.gouv.qc.ca/budget/20182019/fr/documents/ChangementsClimatiques\\_1819.pdf](http://www.budget.finances.gouv.qc.ca/budget/20182019/fr/documents/ChangementsClimatiques_1819.pdf)
84. Grant, M. J., et Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information & Libraries Journal*, 26(2), 91-108.
85. Guhathakurta, S., et Gober, P. (2010). Residential land use, the urban heat island, and water use in Phoenix: A path analysis. *Journal of Planning Education and Research*, Vol. 30 (1), pp. 40-51. doi:10.1177/0739456X10374187
86. Hamidi, Shima., Ewing, Reid., Preuss, Ilana., et Dodds, Alex. (2015). Measuring Sprawl and Its Impacts: An Update. *Journal of Planning Education and Research*, Vol. 35 (1), pp. 35-50. DOI: 10.1177/0739456X14565247.
87. Hamidi, Shima. et Ewing, Reid. (2014). A longitudinal study of changes in urban sprawl between 2000 and 2010 in the United States. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 128, pp. 72-82.
88. Handy, S. et Clifton, K. (2001). Evaluating neighbourhood accessibility. *Journal of Transportation and Statistics*, pp.67-78.

89. Harvey, R. O. et Clark W. A. V. (1965). The Nature and Economics of Urban Sprawl. *Land Economics*, Vol. 41, pp. 1-9.
90. Hankey, Steve. et Marshall, Julian D. (2010). Impacts of urban form on future US passenger-vehicle greenhouse gas emissions. *Energy Policy*, Vol. 38 (9), pp. 4880-4887. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.005>
91. Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T., et Xu, J. (1993). Natural movement or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 20, pp. 29-66.
92. Hoek, J. van den. (2009). 'The Mixed-use Index as planning tool for new towns in the 21<sup>st</sup> Century', in Stolk, E. and Brommelstroet, M. T. (eds) *New Towns for the 21<sup>st</sup> Century: the Planned vs. the Unplanned City*, Martien de Vletter, SUN, Amsterdam, pp. 198-207.
93. Holden, E. et Norland, I. T. (2005). Three challenges for the compact cities as a sustainable urban form: Household consumption of energy and transport in eight residential areas in the Greater Oslo region. *Urban Studies*, Vol. 42 (12), pp. 2145-2166.
94. Holcombe, R. G. et Williams, D. W. (2010). Urban sprawl and transportation externalities. *The Review of Regional Studies*, Vol. 40 (3), pp. 257-272.
95. House-Peters, Lily A. et Chang, Heejun. (2011). Modeling the impact of land use and climate change on neighborhood-scale evaporation and nighttime cooling: A surface energy balance approach. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 103 (2), pp.139-155.
96. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <http://ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
97. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change, Summary for Policymakers*. Working Group III Contribution of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Fourth Assessment Report, <http://www.ipcc.ch/>.
98. Iwata, Kazuyuki. et Managi, Shunsuke. (2016). Can land use regulations and taxes help mitigate vehicular CO2 emissions? An empirical study of Japanese cities. *Urban Policy and Research*, Vol. 34 (4), pp. 356-372. DOI: 10.1080/08111146.2015.1118375
99. Jabareen, Y. R. (2006). Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts. *Journal of Planning Education and Research*, Vol. 26 (1), pp. 38-52. DOI:10.1177/0739456X05285119
100. Jaeger, Jochen A.G., Bertiller, Rene., Schwick, Christian., et Kienast, Felix. (2010). Suitability criteria for measures of urban sprawl. *Ecological Indicators*, Vol. 10 (2), pp. 397-406.
101. Jaeger, Jochen A.G. et Schwick, Christian. (2014). Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and its application to Switzerland. *Ecological Indicators*, Vol. 38, pp. 294-308.
102. Jaret, Charles., Ghadge, Ravi., Reid, Lesley Williams., et Adelman Robert M. (2009). The Measurement of Suburban Sprawl: An Evaluation. *City & Community*, Vol. 8 (1), pp. 65-84.
103. Johnson, Michael P. (2001). Environmental impacts of urban sprawl: a survey of the literature and proposed research agenda. *Environment and Planning A*, Vol. 33, pp. 717-735.
104. Kim, Dohyung., Lee, Jooil., et Choi, Simon. (2015). Balancing mobility and CO2 reduction by a mode share scheme: a comparison of Los Angeles and Seoul metropolitan areas. *International Journal of Urban Sciences*, Vol. 19 (2), pp. 168-181. DOI: 10.1080/12265934.2014.970569
105. Kim, Jinwon. et Brownstone, David. (2010). *The impact of residential density on vehicle usage and fuel consumption*. [online] [https://www.frbsf.org/economic-research/files/ResidentialDensity\\_Brownstone.pdf](https://www.frbsf.org/economic-research/files/ResidentialDensity_Brownstone.pdf)

106. Knuth, Sarah E. (2010). Addressing place in climate change mitigation: Reducing emissions in a suburban landscape. *Applied Geography*, Vol. 30 (4), pp. 518-531.
107. Laidley, Thomas. (2016). Measuring Sprawl: A New Index, Recent Trends, and Future Research. *Urban Affairs Review*, Vol. 52 (1), pp. 66-97. DOI: 10.1177/1078087414568812
108. Landis, J D. (1995). Imagining land use futures: applying the California urban futures model. *Journal of the American Planning Association*, Vol. 61 (4), pp. 438-457.
109. Leck, E. (2006). The Impact of Urban Form on Travel Behavior: A Meta-analysis. *Berkeley Planning Journal*, Vol. 19 (1), pp. 37-58.
110. Lee, B. et Gordon, P. (2007). Urban Spatial Structure and Economic Growth in US Metropolitan Areas. In 46th Annual Meetings of the Western Regional Science Association, at Newport Beach, CA. Accessed January 8<sup>th</sup> 2018. [https://lusk.usc.edu/sites/default/files/working\\_papers/wp\\_2007-1001.pdf](https://lusk.usc.edu/sites/default/files/working_papers/wp_2007-1001.pdf)
111. Lee, C., Moudon, A. V., et Courbois, J.-Y. P. (2006). Built environment and behavior: Spatial sampling using parcel data. *Annals of Epidemiology*, Vol. 16 (5), pp. 387-394. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.annepidem.2005.03.003>
112. Lee, D., Cho, S.-H., Roberts, R.K., et Lambert, D.M. (2016). Effects of Population Redistribution on Greenhouse Gas Emissions: A Case Study of South Korea. *International Regional Science Review*, Vol. 39 (2), pp. 177-202.
113. Leibowicz, Benjamin D. (2017). Effects of urban land-use regulations on greenhouse gas emissions. *Cities*, Vol. (70), pp. 135-152.
114. Leslie, E., Coffee, N., Frank, L., Owen, N., Bauman, A., et Hugo, G. (2007). Walkability of local communities: Using geographic information systems to objectively assess relevant environment attributes. *Health & Place*, Vol. 13 (1), pp. 111-122, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.healthplace.2015.11.001>
115. Levine, Jonathan. (2006). *Zoned out: Regulation, Markets, and Choices in Transportation and Metropolitan Land Use*. Washington, DC: Resources for the Future.
116. Liddle, Brant. (2004). Demographic Dynamics and Per Capita Environmental Impact: Using Panel Regressions and Household Decompositions to Examine Population and Transport. *Population and Environment*, Vol. 26 (1), pp. 23-29.
117. Liu, Yongping., Huang, Lizhen., Kaloudis, Aristidis., et Støre-Valen, Marit. (2017). Does urbanization lead to less energy use on road transport? Evidence from municipalities in Norway. *Transportation Research Part D*, Vol. 57, pp. 363-377.
118. Lopez, Russ. (2004). Urban Sprawl and Risk for Being Overweight or Obese. *American Journal of Public Health*, Vol. 94 (9), pp. 1574-1579. Doi:10.2105/AJPH.94.9.1574.
119. Lowry, John H. et Lowry, Michael B. (2014). Comparing Spatial Metrics that Quantify Urban Form. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 44, pp. 59-67.
120. Lu, Chen. et Liu, Yi. (2016). Effects of China's urban form on urban air quality. *Urban Studies*, Vol. 53 (12), pp. 2607-2623. DOI: 10.1177/0042098015594080
121. Magnaghi, A. (2014) *La biorégion urbaine: petit traité sur le territoire bien commun* (traduction de l'italien, Emmanuelle Bonneau), Paris: Etérotopia France.
122. Malpezzi, S. et Guo, W. (2001). *Measuring "Sprawl": Alternative Measures of Urban Form in U.S. Metropolitan Areas*. Madison: Center for Urban Land Economics Research, University of Wisconsin.

123. Margules, C R. et Meyers, J A. (1992). Biological diversity and ecosystem fragmentation-an Australian perspective. *Ekistics*, Vol. 59 (357), pp. 293-300.
124. Marsden, Greg. et Rye, Tom. (2010). The governance of transport and climate change. *Journal of Transport Geography*, Vol. 18 (1), pp. 669-678.
125. Marshall, Alex. (2000). *How Cities Work: Suburbs, Sprawl, and the Road Not Taken*. Austin: University of Texas Press.
126. Marshall, Julian D. (2008). Reducing urban sprawl could play an important role in addressing climate change. *Environmental Science & Technology*, pp. 3133-3138. Retrieved from <https://pubs.acs.org/doi/pdfplus/10.1021/es087047l>
127. Martinez-Zarzoso, Inmaculada., Bengochea-Morancho, Aurelia., et Morales-Lage, Rafael. (2007). The impact of population on CO2 emissions: evidence from European countries. *Environmental & Resource Economics*, Vol. 38 (4), pp. 497-512.
128. Masotti, L. H. et Hadden, J. K. (1974). Introduction. In L. H. Masotti & J.K. Hadden (Eds.), *Suburbia in transition*, (pp. 3-12). New York: New View Points.
129. McDonald, R.I. et al. (2018) *Nature in the Urban Century*, The Nature Conservancy. Retrieved at <https://www.nature.org/en-us/what-we-do/our-insights/perspectives/nature-in-the-urban-century/>
130. Mieszkowski, Peter. et Mills, Edwin S. (1993). The Causes of Metropolitan Suburbanization. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 7 (3), pp. 135-147.
131. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2016). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2014 et leur évolution depuis 1990*. [Enligne]. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/ges/2014/Inventaire1990-2014.pdf> (page consultée le 15 octobre 2018).
132. Moe, Richard. et Wilkie, Carter. (1997). *Changing Places: Rebuilding Community in the Age of Sprawl*. Published by Henry Holt & Co.
133. Moradi, Mortaza. et Tamer, Nilgün Görer. (2017). The Urban Growth Effects Over the Local Climate Change in the Case of Bursa. *Planning*, Vol. 27 (1), pp. 26-37. DOI: 10.14744/planlama.2017.38039
134. Munoz, S. E., Mladenoff, D. J., Schroeder, S., et Williams, J. W. (2014). Defining the spatial patterns of historical land use associated with the indigenous societies of eastern North America. *Journal of Biogeography*, Vol. 41, pp. 2195-2210. doi:10.1111/jbi.12386.
135. Nazarnia, N., Schwick, C., et Jaeger, J.A.G. (2016). Accelerated urban sprawl in Montreal, Quebec City, and Zurich: Investigating the differences using time series 1951-2011. *Ecological Indicators*, Vol. 60, pp. 1229-1251.
136. Nelson, Arthur C., Pendall, Rolf., Dawkins, Casey J., et Gerrit J. Knaap. (2002). *The Link Between Growth Management and Housing Affordability: The Academic Evidence*. A Discussion Paper Prepared for The Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy.
137. Newman, P. et Kenworthy, J. R. (1999). *Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence*. Washington, D. C.: Island Press.
138. Newton, P., Tucker, S., et Ambrose, M. (2000). Housing form, energy use and greenhouse gas emissions. pp. 74-84. In: Williams, K., E. Burton and M. Jenks. (2000). *Achieving Sustainable Urban Form*. Spon Press, Taylor and Francis Group, London.
139. Nielson, R. R. (2017). *Good buildings on a small planet*, Stockholm, Sweden: Arvinus + Orfeus Publishing.

140. Oliver, Gillham. (2002). *The limitless city: a primer on the urban sprawl debate*. Island Press.
141. Parikh, J. et Shukla, V. (1995). Urbanization, energy use and greenhouse effects in economic development: Results from a cross national study of developing countries. *Global Environmental Change*, Vol. 5 (2), pp. 87-103.
142. Paulsen, Kurt. (2014). Geography, policy or market? New evidence on the measurement and causes of sprawl (and infill) in US metropolitan regions. *Urban Studies*, Vol. 51 (12), pp. 2629-2645.
143. Pendall, R. (1999). Do Land-Use Controls Cause Sprawl? *Environment and Planning B*, Vol. 26 (4), pp. 555-571.
144. Pitt, Damian. (2013). Evaluating the greenhouse gas reduction benefits of compact housing development, *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 56 (4), pp. 588-606. DOI: 10.1080/09640568.2012.692894.
145. Poumanyong, Phetkeo., Kaneko, Shinji., et Dhakal, Shobhakar. (2012). Impacts of urbanization on national transport and road energy use: Evidence from low, middle and high income countries. *Energy Policy*, Vol. (46), pp. 268-277.
146. PTCEC. (1998). *Report of the Pennsylvania 21st Century Environment Commission*. Pennsylvania 21st Century Environment Commission, Harrisburg, PA.
147. Ragusett, Jared M. (2016). Black Residential Segregation in the Era of Urban Sprawl. *Review of Black Political Economy*, Vol. 43 (3-4), pp. 253-272.
148. Raworth, Kate. (2018). *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st Century Economist*, Random House: London.
149. Raup, Philip M. (1975). Urban Threats to Rural Lands: Background and Beginnings. *Journal of the American Institute of Planners*, Vol. 41 (6), pp. 371-378.
150. Reckien, D., Salvia, M., Heidrich, O., Church, J.M., Pietrapertosa, F., De Gregorio-Hurtado, S., D'Alonzo, V., Foley, A., Simoes, S.G., Lorencová, E., Krkoška H., Orru, K., Wejs, A., Flacke, J., Olazabal, M., Geneletti, D., Feliu, E., Vasilie, S., Nador, C., Krook-Riekkola, A., Matosović, M., Fokaides, P.A., Ioannou, B.I., Flamos, A., Spyridaki, N.A., Balzan, M.V., Fülöp, O., Paspaldzhiev, I., Grafakos, S., Dawson, R. (2018). How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 191, pp. 207-219. DOI: [10.1016/j.jclepro.2018.03.220](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.220)
151. Ren, Yin., et al. (2012). Effects of rapid urban sprawl on urban forest carbon stocks: Integrating remotely sensed, GIS and forest inventory data. *Journal of Environmental Management*, Vol. 113, pp. 447-455.
152. Rogers, Richard George et. al. (1999) *Towards an urban renaissance / final report of the Urban Task Force*. London : Spon.
153. Salon, D. (2006). *Cars and the City: An Investigation of Transportation and Residential Location Choices in New York City*. Doctoral dissertation, University of California, Davis.
154. Sarzynski, Andrea., Galster, George., et Stack, Lisa. (2014). Evolving United States metropolitan land use patterns. *Urban Geography*, Vol. 35. (1), pp. 25-47. doi:10.1080/02723638.2013.823730
155. Savitch, H. V. et Kantor, P. (2002). *Cities in the international marketplace: The political economy of urban development in North America and West Europe*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
156. Schwarz, Nina. (2010). Urban form revisited: Selecting indicators for characterising European cities. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 96 (1), pp. 29-47.

157. Schwick, C., Jaeger, J. A. G., Bertiller, R., et Kienast, F. (2012). Urban sprawl in Switzerland unstoppable? Quantitative analysis 1935 to 2002 and implications for regional planning. *Zurich, Bristol-Stiftung, Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt* (pp. 216.)
158. Seto, K., et al. (2014). Human settlements, infrastructure and spatial planning. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Cambridge Univ Press, Cambridge, UK).
159. Shammin, M R., Herendeen, R A., Hanson, M J., et al. (2010). A multivariate analysis of the energy intensity of sprawl versus compact living in the US for 2003. *Ecological Economics*, Vol. 69 (12), pp. 2363-2373. doi: 10.1016/j.ecolecon.2010.07.003.
160. Shaw, R. (1992) The impact of population growth on environment: The debate heats up. *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 12 (1-2), pp.11-36.
161. Sierra Club. (1999). *The dark side of the American Dream: the costs and consequences of suburban sprawl*, The Sierra Club, San Francisco, CA ; <http://www.sierraclub.org>
162. Société de l'assurance automobile du Québec. (2016). <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/donnees-statistiques-2016.pdf>
163. Solomon, Lawrence. (2007). *Toronto sprawls: a history*. University of Toronto Press.
164. Song, Yan. et Knaap, Gerrit-Jan. (2004). Measuring Urban Form: Is Portland Winning the War on Sprawl? *Journal of The American Planning Association*, Vol. 70 (2), pp. 210-225.
165. Song, Yan., Popkin, Barry., et Gordon-Larsen, Penny. (2013). A National-level Analysis of Neighborhood Form Metrics. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 116, pp. 73-85.
166. Soukup, Tomas., Orlitova, Erika., Kopecky, Miroslav., Jaeger, Jochen., Schwick, Christian., Henning, Ernest I., et Kienast, Fleix. (2015). Application of a new GIS tool for urban sprawl in Europe. *Forum Wissen Forum*, pp. 57-64.
167. Squires, Gregory D. (2002). *Urban sprawl: causes, consequences & policy responses*. Washington, D.C.: The Urban Institute Press.
168. Rockström, S.W., J., Richardson, K., Lenton, T.M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C.P., Barnosky, A.D., Cornell, S.E., Crucifix, M., Donges, J.F., Fetzer, I., Lade, S.J., Scheffer, M., Winkelmann, R., and Schellnhuber, H.J., (2018) Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *PNAS* August 14, 2018 115 (33) 8252-8259; published ahead of print August 6, 2018 <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
169. Steiner, F., McSherry, L., Brennan, D., Soden, M., Yarchin, J., Green, D., McCarthy, J M., Spellman, C., Jennings, J., et Barre, K. (1999). Concepts for alternative suburban planning in the northern Phoenix area. *Journal of the American Planning Association*, Vol. 65, pp. 207-222.
170. Stone, Jr. Brian. (2008). Urban sprawl and air quality in large US cities. *Journal of Environmental Management*, Vol. 86 (4), pp. 688-698.
171. Stone, Brian., Hess, Jeremy J., et Frumkin, Howard. (2010). Urban Form and Extreme Heat Events: Are Sprawling Cities More Vulnerable to Climate Change Than Compact Cities? *Environmental Health Perspectives*, Vol. 118 (10), pp. 1425-1428.
172. Taylor, P J. et Lang, R E. (2004). The Shock Of The New: 100 concepts describing recent urban change. *Environment and Planning A*, Vol. 36 (6), pp. 951-958.
173. Tellier, LucNormand. et Gelb, Jérémy. (2018). An urban metric system based on space economy: Foundations and implementation. *Regional Science Policy and Practice*, Vol. 10 (3), pp. 145-160. DOI: 10.1111/rsp3.12141

174. Torrens, Paul M. (2008). A Toolkit for Measuring Sprawl. *Applied Spatial Analysis and Policy*, Vol. 1 (1), pp. 5-36.
175. Torrens, Paul M. et Alberti, Marina. (2000). *Measuring Sprawl*, Centre for Advanced Spatial Analysis, Working Paper Series, paper 27, London: University College, presented to the Association of Collegiate Schools of Planning Conference, Atlanta, GA, <http://www.casa.ucl.ac.uk/measuringsprawl.pdf>.
176. Tsai, Y. H. (2005). Quantifying Urban Form: Compactness versus 'Sprawl'. *Urban Studies*, Vol. 42 (1), pp. 141-161.
177. United Nations. (2016). *The Paris Agreement*. <https://unfccc.int/process#:a0659cbd-3b30-4c05-a4f9-268f16e5dd6b>.
178. United Nations. (2012). *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*. <http://esa.un.org/unpd/wup/Documentation/final-report.htm>.
179. United States General Accounting Office (USGAO). (1999). Extent of federal influence on 'urban sprawl' is unclear. US General Accounting Office, <http://www.gao.gov>
180. Wagner, Fritz. et Cabana, Régent. (2006). *The international faces of urban sprawl: lessons learned from North America*. Waterloo, Ont.: Dept. of Geography, University of Waterloo.
181. Wang, Haijun., He, Qingqing., Liu, Xingjian., Zhang, Yanhua., et Hong, Song. (2012). Global urbanization research from 1991 to 2009: A systematic research review. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 104 (304), pp. 299-309.
182. Wang, Zhanqi., Li, Bingqing., et Yang, Jun. (2015). Impacts of Land Use Change on the Regional Climate: A Structural Equation Modeling Study in Southern China. *Advances in Meteorology*, Vol. 2015, pp. 1-10. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/563673>
183. Warner, Sam Bass. (1978). *Streetcar Suburbs: The Process of Growth in Boston (1870–1900)*. 2nd edition. Harvard University Press
184. While, Aidan., Jonas, Andrew E G., et Gibbs, David. (2010). From sustainable development to carbon control: eco-state restructuring and the politics of urban and regional development. *Trans Inst Br Geogr*, Vol. 35 (1), pp.76-93.
185. Whyte, William. (1958). *The Exploding Metropolis*. Garden City, N.Y., Doubleday.
186. Wilson, Bev. et Chakraborty, Arnab. (2013). The Environmental Impacts of Sprawl: Emergent Themes from the Past Decade of Planning Research. *Sustainability*, Vol. 5, pp. 3302-3327 ; doi:10.3390/su5083302.
187. Wilson, E.H., Hurd, J.D., Civco, D.L., Prisloe, M.P., et Arnold, C. (2003). Development of a geospatial model to quantify, describe and map urban growth. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 86 (3), pp. 275-285.
188. Wolman, Harold., Galster, George., Hanson, Royce., Ratcliffe, Michael., Furdell, Kimberly., et Sarzynski, Andrea. (2005). The Fundamental Challenge in Measuring Sprawl: Which Land Should Be Considered? *The Professional Geographer*, Vol. 57 (1), pp. 94-105. DOI: 10.1111/j.0033-0124.2005.00462.x
189. Wong, David. (2011). The Modifiable Area Unit Problem (MAUP), in *The SAGE Handbook of Spatial Analysis*, by Fortheringham A, Stewart & Rogerson, Peter A. PSAGE Publication, Ltd.
190. Ye, Yu., van Nes, Akkelies. (2014). Quantitative tools in urban morphology: combining space syntax, spacematrix and mixed-use index in a GIS framework. *Urban Morphology*, Vol. 18 (2), pp. 97-118.
191. Yigitcanlar, T. et Kamruzzaman, M. (2014). Investigating the interplay between transport, land use and the environment: a review of the literature. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 11 (8), pp. 2121-2132.

192. Yin, Ming. et Sun, Jian. (2007). The Impacts of State Growth Management Programs on Urban Sprawl in the 1990s. *Journal of Urban Affairs*, Vol. 29 (2), pp. 149-179.
193. Zeng, Chen., Liu, Yaolin., Liu, Yanfang., et Qiu, Liquan., (2014). Urban Sprawl and Related Problems: Bibliometric Analysis and Refined Analysis from 1991 to 2011. *Chinese Geographical Science*, Vol. 24 (2), pp. 245-257. doi: 10.1007/s11769-013-0619-4
194. Zhao, Pengjun. (2010). Sustainable urban expansion and transportation in a growing megacity: consequences of urban sprawl for mobility on the urban fringe of Beijing. *Habitat International*, Vol. 34 (2), pp. 236-243.
195. Zhao, Pengjun., Chapman, Ralph., Randal, Ed., et Howden-Chapman, Philippa. (2013). Understanding resilient urban futures: a systemic modelling approach. *Sustainability*, Vol. 5 (7), pp. 3202-3223.
196. Zhao, Zheniang et Kaestner, Robert. (2010). Effects of Urban Sprawl on Obesity. *Journal of Health Economics*, Vol. 29 (6), pp. 779-787.