

# L'Utilisation de la modélisation quantitative et de l'analyse de cycle de vie par les entreprises du secteur des transports au Québec



Camille Varenne, IQCarbone  
Mark Purdon, IQCarbone & ESG-UQAM

Décembre 2020

## À PROPOS D'IQCARBONE

*L'Institut québécois du carbone (IQCarbone) est un organisme sans but lucratif dont la vision est de devenir une importante source d'information et de recherche sur les politiques québécoises et internationales en changements climatiques. À cette fin, l'Institut réalise des recherches originales et innovatrices qui se distinguent par leur qualité et rigueur scientifique. L'Institut aspire également à devenir l'un des plus grands regroupements de spécialistes, d'experts et d'universitaires travaillant sur les politiques en changements climatiques au Québec.*

**Web:** [www.iqcarbone.org](http://www.iqcarbone.org)

**Twitter:** [@iqcarbone](https://twitter.com/iqcarbone)

**Courriel:** [info@iqcarbone.org](mailto:info@iqcarbone.org)

## INFORMATIONS SUR LE DOCUMENT

### Droit d'auteur

*Ce document de travail est publié sous une licence Creative Commons Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Pas de modification 4.0 International. Il peut être librement cité et reproduit à condition d'en mentionner la source. Aucune utilisation de cette publication ne peut être effectuée pour la revente ou pour d'autres fins commerciales.*



*Ce document de travail a pour but de stimuler la discussion au sein du milieu de la recherche et parmi les utilisateurs de la recherche, et son contenu peut avoir été soumis ou sera soumis ultérieurement pour publication dans une revue scientifique. Il a été examiné par au moins un arbitre interne avant publication. Les commentaires sont les bienvenus.*

### Divulgence financière

*Cette étude a été réalisée en tant que projet indépendamment conçu et financé à l'interne par IQCarbone. Aucun financement provenant de sources extérieures n'a été utilisé pour la rédaction de ce document du travail.*

### Clause de non-responsabilité

*Toutes opinions exprimées dans le présent document sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les opinions de l'Institut québécois du carbone (IQCarbone) ou de ses partenaires.*

## À PROPOS DES AUTEURS

*Camille Varenne, IQCarbone, a été coordinatrice de recherche à IQCarbone dans le cadre de son projet de maîtrise en gestion-développement durable à l'Université de Montréal. Elle s'intéresse aux enjeux de gestion soulevés par la transition du point de vue du secteur privé et a rejoint l'agence de notation extra-financière Impak Finance qui a pour mission de rediriger le capital vers l'économie d'impact.*

*Mark Purdon, PhD, est le président et directeur général de IQCarbone. Il est expert en politiques sur le changement climatique et en économie politique, travaillant à l'intersection de la politique publique, de la politique comparée et des relations internationales. Il a rejoint le Département de stratégie, de responsabilité sociale et environnementale de l'ESG UQAM comme professeur en 2018.*

## SOMMAIRE

*Des outils de modélisation pour calibrer les politiques de changement climatique sont utilisés au Québec dans le but d'accompagner les entreprises du secteur du transport dans la transition écologique. Le milieu académique aimerait comprendre davantage le processus de décision stratégique en lien avec la réduction d'émissions dans le secteur privé. Il est pour cela important de savoir si les décideurs privés utilisent des outils d'analyse stratégique quantitatifs basés sur des données scientifiques pour orienter leur positionnement par rapport à la transition. Si de tels outils sont utilisés, y aurait-il un lien possible à faire avec la recherche académique actuelle en modélisation des politiques climatiques et des transports ? Nous avons mené des entretiens semi-directifs avec des entreprises du secteur des transports québécois in afin d'aborder ces questions. Nos recherches préliminaires nous ont mené à la conclusion que les modèles des politiques climatiques et des transports semblent uniquement destinés au secteur public, et que l'ACV est utilisée dans le secteur privé, mais se limite à soutenir les stratégies de réduction de l'impact environnemental, et non les stratégies de positionnement stratégique par rapport à la transition. L'utilisation de modèles quantitatifs et d'ACV à un niveau d'analyse macro-stratégique ne semble pas adaptée au secteur privé pour diverses raisons dont : un manque d'intérêt de la part des entreprises à conduire des analyses macro-stratégiques pour la transition, la méconnaissance de ces outils, leur complexité d'utilisation, et un manque de ressources pour conduire de telles analyses. Pour s'adapter à la transition énergétique, les entreprises qui en ont les ressources se limitent à la gestion de leur performance environnementale en s'appuyant notamment sur l'ACV a un niveau opérationnel, mais ne conduisent pas pour l'instant d'analyse stratégique macro du système dans lequel elles évoluent pour se projeter dans un contexte de transition énergétique. Dans le but de faciliter la transition du secteur des transports vers la mobilité durable, la recherche devrait chercher à développer des outils stratégiques simples et adaptés au contexte du secteur privé. Ce contexte est caractérisé par des contraintes économiques, une prise de décision rapide et qui nécessite des outils facilement manipulables qui donnent des résultats simples.*

## ABSTRACT

*Modeling tools are used in Quebec to calibrate climate change policies with the aim of supporting companies in the transition of the transportation sector towards sustainability. Researchers are interested in gaining better understanding of the strategic decision-making process related to emissions reduction in the private sector. It is important to know whether private decision-makers are using quantitative strategic analysis tools to guide their business decision-making towards sustainability. If such tools are used, would there be a possible link to be made with current academic research into climate and transportation policy modeling? We conducted semi-structured interviews with companies in the Quebec transport sector in order to address these questions. Our preliminary research leads to the conclusion that climate and transportation models appear to be intended for the public sector only, and that LCA is used in the private sector, but is limited to supporting environmental impact reduction strategies, not strategic positioning in relation to sustainability transitions. The use of quantitative models and LCA at a macro-strategic analysis level does not seem suitable for the private sector for various reasons including: a lack of interest on the part of companies to conduct macro-strategic analyzes for the transition, lack of knowledge of these tools, their complexity of use, and a lack of resources to conduct such analyzes. To adapt to the sustainability transition, companies that have the resources to do so limit themselves to managing their environmental performance by relying in particular on LCA at an operational level, but do not currently conduct an analysis. macro strategy of the system in which they evolve to project themselves in a context of energy transition. In order to facilitate the transition of the transport sector towards sustainable mobility, research should try to develop policy tools adapted to the context of the private sector. This context is characterized by economic constraints, rapid decision-making and which requires easily manipulated tools which give simple results.*

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Cadre théorique.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Méthodologie.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Résultats des entretiens.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Discussion.....</b>	<b>11</b>
<b>6. Conclusion, limites et recommandations .....</b>	<b>14</b>
<b>7. Références .....</b>	<b>15</b>

## 1. INTRODUCTION

Le secteur des transports est la source principale d'émissions de GES au Québec, responsable de 43% des émissions en 2016 (MELCC, 2018). L'organisme Transition Énergétique Québec (TEQ) explique que le secteur du transport routier a une importance cruciale pour l'atteinte des cibles pour 2030 de la politique énergétique québécoise (TEQ, 2018). Les entreprises ont une responsabilité importante pour la transition écologique de la mobilité en plus des particuliers, car elles font fonctionner et influencent l'écosystème des transports québécois du fait de leurs activités et leur pouvoir économique. Comme l'explique Audet (2015), le concept de transition écologique « se pose aujourd'hui comme un objet de discours ralliant une multitude d'acteurs et de pratiques associées en matière de lutte contre la crise écologique » (p.74). Pourtant on ne sait toujours pas comment les entreprises opérant dans le secteur des transports perçoivent les opportunités et menaces résultant des efforts de transition écologique et de décarbonisation de ce secteur ni quels outils elles utilisent pour les gérer.

Dans ce document, nous explorons le rôle de différents types d'outils techniques dans l'adaptation stratégique des entreprises vers le transport à faible émission, en utilisant le Québec comme étude de cas. Nous cherchons plus précisément à comprendre si la modélisation quantitative et l'analyse de cycle de vie sont utilisées pour orienter les stratégies d'adaptation à la transition écologique dans le secteur privé, en prenant en compte le comportement d'autres acteurs économiques.

La modélisation quantitative de politiques et l'analyse de cycle de vie (ACV) sont deux outils qui pourraient aider les entreprises dans la transition vers une économie faible en carbone. Estrada (2011) définit la modélisation de politiques comme « un travail de recherche académique ou empirique soutenu par l'utilisation de différentes théories ainsi que des modèles et techniques qualitatifs ou quantitatifs, pour analyser les causes passées et les effets futurs d'une politique sur la société, à tout endroit et à tout moment ». La modélisation quantitative de politiques en lien avec le secteur des transports comprend les modèles de systèmes énergétiques, les modèles de transports et les modèles de changement de l'utilisation des sols. Jolliet et al. (2010) définissent l'analyse de cycle de vie (ACV) comme un outil qui « évalue l'impact environnemental d'un produit, d'un service ou d'un système en relation à une fonction particulière et ceci en considérant toutes les étapes de son cycle de vie ».

Les stratégies de gestion de carbone sont une des réponses du secteur privé pour s'adapter à la transition écologique. Elles sont définies dans le domaine de la gestion comme « tout effort de l'entreprise qui aborde et réduit l'impact de ses activités commerciales sur le changement climatique » (Busch and Schwarzkopf, 2013). Ces auteurs expliquent que les deux stratégies de gestion de carbone principales sont : réduire ses émissions de façon interne ou bien compenser ses émissions par l'achat de droits d'émissions ou de crédits carbone sur un marché du carbone, ou via d'autres mécanismes comparables. Cependant, les outils actuellement utilisés par les entreprises pour la gestion du carbone sont critiqués, car jugés inadéquats à la prise de décision-complexe requise, et ceci pour différentes raisons et facteurs. Comme exemple, Shahrudin et al. (2019) expliquent qu'il faudrait faire plus de recherches pour comprendre les pratiques, les options de mesures et la théorie de la chaîne de valeur avec le cycle de vie.

Nous affirmons que la principale lacune des outils de gestion de carbone existants réside dans le fait qu'ils sont concentrés uniquement sur la mesure des émissions au niveau de l'entreprise et/ou de sa chaîne logistique, et non sur les interactions stratégiques avec les entreprises en compétition dans un secteur économique. Les acteurs du secteur privé sont plus propices à utiliser l'ACV qui leur permet de se concentrer sur des attributs spécifiques de leurs produits et services alors que les modèles quantitatifs de transports sont sous-utilisés. Nous attribuons cela à la compréhension dominante du terme stratégie dans le discours d'affaires.

Nous définissons la stratégie comme une forme de prise de décision prenant en compte le comportement des autres acteurs. Les décisions stratégiques sont des choix faits en prenant en compte l'environnement externe de l'entreprise, dans une perspective macro. Les décisions faites au niveau stratégique reposent sur l'examen de facteurs environnementaux incertains et dynamiques et la recherche d'une réponse adaptée. Afin de prendre de telles décisions, une entreprise a besoin d'outils pour évaluer l'environnement externe.

En ce sens, notre définition diffère de nombreuses définitions de la stratégie dans la littérature d'affaires. En effet, le dictionnaire définit la stratégie d'entreprise comme « un ensemble de problèmes concernant la direction dans laquelle une entreprise souhaite aller et son positionnement sur le marché. » (Statt, 2004). Toutefois, Nickols (2016) explique que « La stratégie d'entreprise concerne généralement la définition de la mission et de la vision de l'entreprise, ce qui touche à ce que fait l'entreprise, pourquoi elle existe et ce qu'elle doit devenir. La stratégie concurrentielle repose sur les capacités, les forces et les faiblesses de l'entreprise par rapport aux caractéristiques du marché et des capacités, forces et faiblesses correspondantes de ses concurrents. » (p.3) Si la stratégie d'entreprise fait référence à l'écosystème d'affaires dans lequel l'entreprise fonctionne, la stratégie concurrentielle fait référence à l'écosystème d'affaires dans lequel l'entreprise est en concurrence (Ahmed et al., 2014).

Dans la section ci-dessous, nous examinons la littérature sur les outils de prise de décision stratégique qui sont utilisés traditionnellement par les entreprises. Nous démontrons que des outils quantitatifs sont utilisés pour renseigner des décisions au niveau de l'entreprise ainsi que pour évaluer le comportement d'autres acteurs de façon stratégique. Enfin, nous donnons un bref aperçu des caractéristiques principales des modèles quantitatifs et des ACV. Nous expliquons ensuite comment nous avons conduit des entretiens avec les organismes de l'écosystème du transport québécois pour comprendre s'ils utilisent des outils d'analyse techniques pour appuyer leur prise de décision stratégique en lien avec la transition. Nous expliquons ensuite les résultats des entretiens avec les organismes de l'écosystème du transport québécois et finissons par une discussion sur nos apprentissages.

## 2. CADRE THÉORIQUE

### a. Les outils de prise de décision dans le secteur privé

Dans la littérature de gestion, les outils utilisés pour soutenir les décisions stratégiques peuvent être des cadres d'analyse qualitatifs comme le cadre *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats* (SWOT) ou le cadre Politique, Environnement, Économique et Technologique (PEST). Mais dans les situations où les entreprises sont confrontées à des incertitudes par rapport à leur environnement, ce qui est le cas avec la transition écologique et ses implications, les outils de prospective stratégique sont utiles pour soutenir les décisions stratégiques et aider les entreprises à se projeter. ns les situations où les entreprises sont confrontées à des incertitudes par rapport à leur environnement, ce qui est le cas avec la transition écologique et ses implications, les outils de prospective stratégique sont utiles pour soutenir les décisions stratégiques et aider les entreprises à se projeter. ns les situations où les entreprises sont confrontées à des incertitudes par rapport à leur environnement, ce qui est le cas avec la transition écologique et ses implications, les outils de prospective stratégique sont utiles pour soutenir les décisions stratégiques et aider les entreprises à se projeter. ns les situations où les entreprises sont confrontées à des incertitudes par rapport à leur environnement, ce qui est le cas avec la transition écologique et ses implications, les outils de prospective stratégique sont utiles pour soutenir les décisions stratégiques et aider les entreprises à se projeter.

Le concept de prospective stratégique se définit par l'observation et l'investigation des facteurs de changement dans l'environnement d'affaires d'une entreprise, plus particulièrement en lien avec les



nouvelles technologies et les événements dans les environnements social, économique, politiques et écologiques d'une entreprise (Vecchiato and Roveda, 2010). Si la prospective stratégique est traditionnellement faite dans le domaine de la technologie, de la recherche marketing et d'analyses stratégiques compétitives qui concernent le microenvironnement d'une entreprise, elle peut aussi s'intéresser au macro-environnement de l'entreprise. Le macro-environnement est défini comme les « paysages politiques, économiques, sociétaux et technologiques entourant l'entreprise, au-delà des frontières de l'industrie, et qui ont des conséquences sur l'entreprise et l'industrie, appelés les facteurs de changement hors-marché » (p.1530). Une prospective stratégique de la sorte est souvent orientée sur le long terme, ce qui est un concept propre à l'industrie qui s'y applique, avec par exemple 20 ans dans l'industrie de l'énergie contre 5 à 10 ans dans l'industrie des technologies de l'information et de la communication.

Vecchiato (2012) explique qu'il y a trois techniques principales pour l'analyse stratégique prospective : les *roadmaps*, les *real options* et les *scénarios*. Les *roadmaps* sont des outils qualitatifs. Ce sont des « représentations de nœuds interconnectés représentant les principaux changements et événements dans des domaines précis de l'environnement externe comme la science, la technologie et les marchés. Les liens connectant les nœuds sont les *roadmaps*, qui illustrent les relations temporelles et logiques entre eux » (Kostoff and Schaller, 2001). Kostoff et Schaller (2001), expliquent que les *roadmaps* sont utilisées comme aides à la décision ainsi que pour améliorer la coordination de certaines activités et ressources dans les environnements très complexes et incertains.

La méthode des *real options* est la deuxième technique prospective mentionnée comme utilisée par la littérature d'affaires. C'est un outil quantitatif utilisé pour la prise de décisions financières en cas d'incertitudes. Les paramètres pris en compte dans ces analyses semblent prendre en compte des facteurs environnementaux extérieurs aux simples frontières de l'entreprise pour évaluer les différentes options financières et leurs conséquences. Cet outil a une approche financière, car il permet d'évaluer les projets d'investissement alternatifs qui s'offrent à une entreprise. Par exemple, l'analyse par *real option* est utilisée dans une étude d'Acciario (2014), pour déterminer la meilleure stratégie de conformité environnementale pour les armateurs basée sur l'option de repousser l'investissement nécessaire. D'autres études (Lee, 2011; Siddiqui and Fleten, 2010), utilisent l'analyse avec *real option* pour évaluer des choix d'investissements dans les énergies renouvelables. Il existe aussi des études qui estiment l'impact de l'échange de droits d'émissions sur la prise de décision à l'aide d'analyse par *real option* (Kang and Létourneau, 2016; Park et al., 2014).

Enfin, la troisième méthode de prospective évoquée est le scénario. Vecchiato explique que « les techniques de planification par scénarios sont souvent utilisées par les gestionnaires pour articuler leurs modèles mentaux concernant le futur afin de prendre de meilleures décisions » (Vecchiato, 2012). Selon Amer et al. (2013), il y a trois approches principales pour la planification par scénarios : 1) la logique intuitive, (2) la méthodologie de *probabilistic modified trends* (PMT) et (3) l'approche française de la prospective. La logique intuitive est une approche qui a été au début utilisée par Shell et qui est maintenant répandue aux USA et dans les autres pays (Huss and Honton, 1987). Les scénarios sont constitués de suites d'événements reliés par des processus causaux et des points de décisions, les modèles ou algorithmes ne sont pas utilisés. En tant que méthode qualitative, la logique intuitive repose sur les connaissances et les compétences des membres d'équipe participant à la réflexion (Amer et al., 2013).

L'approche PMT utilise la *trend impact analysis* (TIA) et la *cross impact analysis* (CIA). La TIA réunit des techniques prospectives traditionnelles comme l'analyse de séries chronologiques avec des facteurs qualitatifs pour renforcer l'analyse par scénario, alors que la CIA est faite à l'aide de méthodes de simulations (Amer et al., 2013). Enfin, la pensée prospective développe des scénarios normatifs du futur et projette des images idéales du futur afin que les scénarios servent de guide pour les décideurs. Ces scénarios sont utilisés en France, plus souvent pour la planification dans le secteur public que pour la planification au

niveau des entreprises (Bradfield et al., 2005). Cette méthode a été appliquée à un grand nombre d'enjeux publics comme l'éducation, l'environnement, l'urbanisation et la planification régionale.

De nombreux outils quantitatifs sont utilisés pour la construction de scénarios. En voici une liste non exhaustive : *l'Interactive Cross Impact Simulation (INTERAX)* peut aider au développement de scénarios pour aider les entreprises à évaluer les nouvelles opportunités relatives aux produits, marchés, investissements, acquisitions d'équipements et d'usines, fusion-acquisitions et planification de la R&D (Huss, 1988). La méthode *d'Interactive Future Scenarios (IFS)* peut être utilisée pour examiner les marchés et l'orientation client. Enfin, la *trend impact analysis* peut servir à faire des projections sur le marché des soins de santé, le marché pharmaceutique ou prédire la consommation de pétrole dans les transports pour évaluer l'efficacité de certaines politiques (Amer et al., 2013; Gordon, 1994).

En résumé, nous avons vu qu'il existe des outils qualitatifs et quantitatifs pour soutenir la prise de décision macro-stratégique d'une entreprise. Les outils de prospective stratégique sont ceux qui nous intéressent particulièrement pour ce projet de recherche, car ce sont selon nous les outils les plus proches en termes d'approche de la modélisation de politiques publiques, car ils s'intéressent aux facteurs de changements dans l'environnement de l'entreprise. Ces outils permettraient donc aux entreprises d'anticiper et d'analyser les changements ayant lieu dans leur écosystème en lien avec la transition écologique et donc de se positionner de façon plus concrète face à ce futur incertain. L'outil qui nous semble le plus pertinent par rapport à notre question de recherche est l'analyse par scénarios. Il reste maintenant à savoir si cette approche est utilisée par les entreprises en pratique.

## b. La modélisation de politique quantitative

### *Modèles de systèmes énergétiques*

Un modèle de système énergétique représente un système énergétique qui comprend tous les composants liés à la production, la transformation, la livraison et l'utilisation de l'énergie (IPCC, 2014). La décarbonisation dans le secteur des transports est liée aux enjeux d'énergie, donc les modèles énergétiques sont aussi utilisés pour analyser les politiques de changement climatique et de transport. Selon Gerboni et al. (2017), il y a deux approches à la modélisation énergétique : d'un côté une approche de haut en bas, principalement liée aux modèles économétriques d'équilibre général et d'un autre côté l'approche de bas en haut, caractérisée par une description détaillée des technologies, utilisée pour estimer les configurations futures possibles d'un système énergétique, en prenant en considération à la fois la demande et l'offre des commodités énergétiques (Breton et al., 2017). Les auteurs précisent que les modèles de bas en haut peuvent être eux-mêmes divisés en deux catégories: « les modèles de simulation qui permettent de comparer plusieurs scénarios différents comme le MAED (Sambo et al.), et les modèles d'optimisation, qui essaient de trouver l'ensemble optimal de technologies et de carburant pour minimiser ou maximiser une certaine fonction objective sous un ensemble particulier de contraintes, comme le TIMES » (Gerboni et al., 2017). Le modèle TIMES, souvent mentionné dans la littérature est un modèle qui permet de représenter « l'ensemble du secteur de l'énergie d'un pays ou d'une région, de l'énergie primaire à l'énergie utile » (Bahn et al., 2013).

### *Modèles de systèmes de transport*

Un système de transport est un système pour déplacer des personnes et des biens et qui comprend trois éléments : les véhicules, les voies et le plan des opérations (Boyce, 2009). Les modèles de transport consistent à modéliser et prédire le comportement du transport en fonction de plusieurs intrants, et à évaluer différents scénarios pour aider les décideurs politiques à faire des choix. Les modèles de transports peuvent

être divisés en deux catégories : ceux modélisant la demande et ceux modélisant l'offre. La modélisation peut être faite à différents niveaux, soit au niveau micro en s'intéressant aux individus ou aux ménages (les données sont collectées à partir d'individus prototypes ou à partir d'un petit échantillon d'individus représentatifs), soit au niveau de l'agrégation spatiale, en regardant le trafic entre des zones géographiques.

Il y a différents types et cadres de modèles. La modélisation moderne de politique de transport peut utiliser des combinaisons de sous-modèles de différentes catégories. Le cadre le plus ancien est le *4 step model* par McNally (2000). Rich (2015) décrit dans son travail d'autres types et cadres de modèles de transport en mentionnant la tradition RUM, les modèles basés sur l'activité et les modèles SCGE. Cependant, une autre étape de la modélisation de la politique des transports a été l'intégration à la planification de l'utilisation des sols, qui a vu le développement d'un autre ensemble de modèles.

### *Les modèles d'utilisation des sols et de transport*

Un système d'utilisation des sols comprend des unités uniformes de sols et le type d'utilisation de ces sols (Driessen & Konijn, 1992). L'utilisation des sols et le transport sont des systèmes interconnectés, ce qui est reflété par l'utilisation de modélisation intégrée d'utilisation des sols et de transport. Il y a une relation réciproque entre d'utilisation des sols le transport (Iacono et al., 2008). Les modèles d'utilisation des sols et de transport analysent l'impact des politiques qui intègrent l'utilisation des sols et de transport, ce qui comprend trois dimensions : demander aux gens s'ils changeraient leur emplacement et leur comportement de mobilité si certains facteurs comme l'utilisation des sols, les lois ou les coûts de transports changeaient, tirer des conclusions à partir du comportement observé des personnes sous différentes conditions sur la façon dont ils pourraient réagir si ces facteurs changeaient et simuler les décisions et comportements humains dans des modèles mathématiques (Kii et al., 2019).

Iacono et al. (2008) expliquent qu'il y a trois types de cadres de modélisation pour l'utilisation des sols et le transport. Les deux principaux sont les modèles d'interaction spatiale agrégés et les modèles économétriques ; voici des exemples de modèles d'interaction spatiale, ITLUP, DRAM, METROPILUS, IRPUD. Il y a deux types de cadres économétriques pour les modèles : ceux d'économie régionale (comme MEPLAN, TRANUS, PECAS) et les modèles d'utilisation des sols (comme CATLAS, DELTA, MUSSA).

Il y a aussi un troisième cadre de modélisation avec les modèles de micro simulation comme ILUTE, ILUMASS, Ramblas et UrbanSim. Ces modèles répondent à beaucoup de limitations de la modélisation à grande échelle, en essayant de représenter le comportement des agents individuels à travers le temps ou l'espace et les interactions entre les agents. Les différentes approches des méthodes micro ou macro sont complémentaires avec des arbitrages entre précision et complexité versus vague, mais plus simple (Moeckel et al., 2018).

### *c. L'analyse de cycle de vie*

L'analyse de cycle de vie tire ses racines de l'écologie industrielle, avec le développement de la thermodynamique et la description des écosystèmes ainsi que de l'ingénierie des processus au 19<sup>e</sup> siècle (Sesana and Salvalai, 2013). Mais qu'est-ce que le cycle de vie ? Le cycle de vie fait référence au scénario de vie d'un produit ou d'un service qui a plusieurs phases : l'extraction de matière première, la manufacture, l'utilisation et la fin de vie (ISO 2006). Cette façon d'analyser un produit ou service permet d'identifier les points chauds, c'est-à-dire les zones sur lesquelles se concentrer pour améliorer la performance environnementale (Tasala Gradin, 2016).

L'ACV peut être conduit avec deux approches : l'approche d'attribution et l'approche consécutive. Les deux méthodes répondent à des questions différentes: l'approche d'attribution demande, sous la règle normative d'allocation spécifiée quels sont (les impacts environnementaux liés aux) parties attribuées des

activités ayant contribué à la production, consommation, élimination du produit, alors que l'approche consécutive répond à la question : quelle sont (les impacts environnementaux liés à ) la part complète des activités qui sont supposées changer quand on produit, consomme et élimine le produit (Weidema, 2003).

Les limites du système sont les frontières dans lesquelles les processus du cycle de vie d'un produit sont inclus dans l'ACV. Leur définition est importante, car elle détermine l'ampleur et le cadre de l'étude. Plusieurs méthodes existent pour choisir les limites comme l'arbre de processus, le système technologique entier ou le système socio-économique entier. Peu importe la méthode choisie, le plus important est qu'elle soit cohérente avec le but de l'étude (Tillman et al., 1994). Les enjeux dans le choix des limites engendrent des problèmes de comparabilité avec l'ACV, car on ne peut pas comparer deux résultats issus de méthodes différentes.

Dans le secteur des transports, l'ACV est par exemple utilisé pour analyser l'impact des véhicules électriques. Les études « du puits à la roue » couvrent seulement le cycle de vie du vecteur énergétique (carburants ou électricité) nécessaire à la conduite du véhicule. Les ACV complètes comprennent aussi le cycle de production des carburants utilisés dans les systèmes de transport, comme la Norme sur les carburants propres en cours d'élaboration par le gouvernement fédéral canadien (ECCC, 2018). Comme expliqué précédemment, un des problèmes de l'ACV sur les véhicules électriques est qu'elle peut engendrer des résultats très différents, attribuables à des méthodes différentes et des définitions de limites d'études différentes selon les méthodes. En somme, même si elle est normalisée par ISO, l'ACV peut être faite de plusieurs façons (Messagie, 2014).

Il est intéressant d'observer que l'ACV et la modélisation de politique quantitative peuvent être combinés. Il y a beaucoup d'études dans la littérature qui présentent l'intégration de modèles et d'ACV. Cela permet d'examiner les impacts environnementaux en détail, ce qui fait défaut à la modélisation seule. Par exemple, García-Gusano et al. (2016) ont combiné des indicateurs de cycle de vie avec des modèles d'optimisation énergétiques, Frischknecht et al. (2017) donnent des exemples de l'utilisation d'ACV combinée à des modèles de calcul d'équilibre partiel et des modèles basés sur les agents, et Blanco et al. (2020) intègrent l'ACV dans un modèle de système énergétique.

L'ACV est un outil qui présente lui aussi des avantages et des inconvénients pour aider les entreprises à se positionner dans la transition écologique. On peut voir que l'ACV est un outil orienté au niveau de l'entreprise pour évaluer l'impact environnemental des produits ou services. Il aide les décideurs à identifier les points chauds dans la chaîne de valeur afin de choisir quelle stratégie prioriser pour la réduction d'émissions. En revanche, cet outil ne semble pas intervenir à un niveau stratégique de la prise de décision, pour aider les entreprises à se projeter par rapport à la transition vers la mobilité durable. Ensuite, nous avons vu que l'ACV n'est pas utilisé de manière uniforme, car il existe différentes limites d'analyses et approches, ce qui ajoute de la complexité à son utilisation par les entreprises. Utiliser l'ACV requiert une certaine expertise, car elle nécessite de la collecte de données et une capacité analytique, ce que toutes les entreprises n'ont pas forcément, et ce qui représente des coûts supplémentaires, car elles doivent faire appel à des experts externes ou se procurer les ressources nécessaires à l'interne.

### 3. MÉTHODOLOGIE

Nous avons conduit des entretiens semi-directifs en été 2020 avec acteurs impliqués dans la transition écologique du secteur des transports au Québec (Tableau 1). Nous avons identifié deux critères pour sélectionner les entreprises qui participent à la transition écologique du secteur des transports. Elles doivent d'abord avoir leur siège social au Québec et avoir des produits et/ou services disponibles sur le marché québécois. Cela permet de concentrer notre analyse sur les entreprises dont les intérêts

stratégiques sont au Québec. Ensuite, nous avons choisi de ne pas nous limiter aux seules entreprises du secteur des transports, mais à avoir une approche qui inclut toute la chaîne de valeur du transport à faible émission. En effet, la transition vers le transport à faible émission ne peut pas se faire sans la production d'énergie renouvelable.

Ces critères nous ont permis d'identifier cinq principaux groupes d'acteurs qu'il serait judicieux d'interroger. Les entreprises productrices d'énergie renouvelable sont des acteurs importants pour la transition écologique des transports au Québec, car elles permettent de fournir l'énergie nécessaire à l'électrification des véhicules à moindres émissions de GES. Les constructeurs de véhicules ont également un rôle important pour la transition vers la mobilité durable, en fournissant des véhicules avec un impact réduit sur l'environnement, qu'ils soient électriques ou hybrides. Les fournisseurs d'infrastructure pour véhicules électriques comme les bornes de recharge sont essentiels à l'électrification des véhicules québécois. Les entreprises de mobilité partagée participent aussi à la transition écologique des transports en réduisant le flux de transport et en changeant les comportements de mobilité. Il est aussi intéressant de considérer les entreprises de logistique qui ont une contribution importante à l'activité du transport au Québec. Les acteurs interrogés comportent des PME, mais aussi des grandes entreprises ayant des activités globales, afin d'obtenir une diversité de points de vue selon des contextes différents.

Nous avons finalement conduit 8 entretiens avec les acteurs dont la liste peut être trouvée dans le tableau ci-dessous. Nous n'avons pas pu interroger une entreprise de logistique malgré nos tentatives.

**TABLEAU 1 : LISTE DES ACTEURS INTERVIEWÉS**

Entreprise	Type d'activité	Taille	Localisation des activités
A	Recherche, analyse et conseil stratégique en efficacité énergétique, énergie renouvelable et mobilité propre	PME	Québec
B	Grappe des transports électriques et intelligents	OBNL	Québec
C	Bornes de recharge pour véhicules électriques	PME	Québec
D	Bornes de recharge pour véhicules électriques et conseil en conception et implantation de projets d'électrification	PME	Québec
E	Autobus électriques	PME	Québec
F	Gestionnaire du transport en commun des personnes par autobus	Grande entreprise	Internationale
G	Autopartage	PME	Québec
H	Systèmes de production de gaz renouvelable (technologies, infrastructures, projets de gaz renouvelable)	PME	Internationale

## 4. RÉSULTATS DES ENTRETIENS

Nous avons choisi de présenter les résultats en les divisant en 6 thématiques qui ont été abordées au cours des entrevues.

### *Thème 1 : connaissance et utilisation de l'ACV*

Les acteurs interrogés ont tous une connaissance de l'existence de l'analyse de cycle de vie. Les petites entreprises en comprennent l'approche et cherchent à l'appliquer à leur modèle d'affaires bien qu'elles ne l'utilisent pas faute de ressources financières et temporelles suffisantes. Les

obstacles à l'utilisation de l'ACV nommés par les petites structures sont notamment le fait qu'elles n'aient « pas les ressources pour engager un consultant en cycle de vie », qu'elles ne sont « pas des praticiens ou des chercheurs » ou que « la taille et le stade de maturité de l'entreprise ne soit pas suffisante pour que la quantification de l'impact environnemental soit judicieuse ». Même si elles n'utilisent pas l'ACV en tant qu'outil d'analyse, les entreprises peuvent appliquer des critères qui considèrent le cycle de vie dans la conception de leurs produits, ou alors se renseigner sur les données d'ACV disponibles publiquement afin d'alimenter leur réflexion stratégique.

En revanche, les entreprises de taille plus importantes et qui ont donc davantage de ressources et un contexte plus favorable utilisent cet outil pour conduire des analyses. De nombreux exemples d'objectifs d'études sont ressortis des entretiens : l'évaluation de l'empreinte carbone des processus, la conception des produits, l'analyse du cycle de vie de la batterie des véhicules électriques, le calcul des émissions et du coût total de possession d'un véhicule du puits à la roue. Il semble que les entreprises utilisent aussi cet outil pour soutenir leurs stratégies marketing afin de promouvoir l'aspect écologique de leurs produits.

Mais l'analyse de cycle de vie est assez dure à utiliser dans le cadre de l'appui à la prise de décision finale, car c'est un outil complexe et nuancé. En effet, le nombre important d'indicateurs que l'ACV fournit ne facilite pas la décision et soulève même davantage de questions. Une des gestionnaires interrogées l'explique : « une entreprise ne peut pas prendre une décision rapide éclairée et stratégique selon 15 indicateurs qui vont dans trois directions différentes. »

Il ressort des entretiens que l'ACV n'est pas utilisée de façon uniforme par les entreprises, car les méthodes employées dépendent des objectifs de l'étude, qui varient selon les contextes.

### *Thème 2 : connaissance et utilisation de la modélisation de politique quantitative*

La majorité des acteurs interrogés ne connaissent pas les modèles quantitatifs de politiques, car ils ne sont pas destinés au secteur privé et sont selon eux mal communiqués. Selon une personne que nous avons interrogée, les acteurs du secteur privé qui seraient les plus propices à utiliser des modèles quantitatifs seraient les grosses entreprises dans le secteur de l'énergie, car l'étude des systèmes énergétiques est directement liée à leurs objectifs d'affaires et a un impact sur leurs activités. Cette observation a été confirmée dans un autre secteur d'activité, car nous avons pu constater qu'un des acteurs interviewés s'intéressait à la modélisation des comportements de mobilité, car cela était directement lié à la mission de l'entreprise. À part cette exception, on peut constater que les grandes entreprises utilisent des outils économiques quantitatifs pour les aider dans leurs décisions stratégiques, mais ils ne sont pas comparables aux modèles de politique quantitatifs.

### *Thème 3 : Approche de prise de décision stratégique*

Pour la prise de décision stratégique, les petites entreprises utilisent une approche qualitative d'intelligence d'affaires, en s'informant des tendances de l'environnement externe et en anticipant les risques par le biais de recherches. L'approche du Design Thinking (Razzouk and Shute, 2012) a été par exemple mentionnée comme outil de positionnement. D'autres acteurs expliquent qu'ils se tiennent informés de l'évolution de leur environnement d'affaires en faisant des lectures sur les nouveaux procédés et approches ou les nouvelles mesures gouvernementales, sans aucune approche technique. Un acteur fait appel à des consultants externes et a des discussions avec

d'autres acteurs du milieu pour étudier les leviers à mettre en place au Québec pour favoriser et accélérer l'électrification de flottes de véhicules commerciaux. Des études quantitatives peuvent être commandées à des consultants pour se renseigner sur les trends du marché comme par exemple l'adoption des véhicules électriques par les consommateurs. Un gestionnaire a expliqué que selon lui, le processus de prise de décision des entreprises et les outils sur lesquels il repose dépendent des objectifs de l'entreprise par rapport à la transition qui peuvent être mercantiles (exploiter un nouveau marché, se positionner) ou environnementaux et sociaux (changer les comportements de mobilité). Une entreprise nous a par exemple expliqué qu'elle prenait en compte dans son processus de décision les clients et la compétition qui influencent beaucoup leur vente et profit, car c'est leur objectif principal.

Pour les plus grandes structures avec un volume d'activité important, la prise de décision stratégique est plus complexe, car elle repose sur la collaboration de différents départements avec différentes expertises, et l'approche qualitative est aussi soutenue par des indicateurs quantitatifs. Par exemple un gestionnaire nous a expliqué que le processus de décision de son entreprise était un « cercle vertueux impliquant l'étude de différents paramètres à l'aide de plusieurs logiciels et un dialogue entre différentes fonctions de l'entreprise ». L'intelligence collective, la consultation et la recherche qualitative des meilleures pratiques sont aussi utilisées pour identifier les tendances du marché, sans forcément chercher à obtenir des données chiffrées précises. Enfin, certaines entreprises disposent de départements dédiés à la veille de politiques publiques afin d'estimer l'impact qu'elles pourraient avoir sur l'activité de l'entreprise à court terme.

#### *Thème 4 : Utilisation d'outils quantitatifs.*

Les grandes entreprises ont plus tendance à utiliser des outils quantitatifs pour renseigner leur stratégie à différents niveaux. Selon leur taille et les enjeux liés à la compétition, elles conduisent leurs analyses au sein de leur organisation ou la sous-traitent à des consultants.

Les grandes entreprises utilisent tout d'abord des modèles et des outils analytiques variés pour analyser différents éléments externes qui peuvent avoir un impact économique sur leurs activités. Ils analysent par exemple les technologies et l'impact qu'elles auront sur leurs ventes, les prédictions du marché et leur impact sur leurs activités, systèmes et réseaux, les prédictions quant à l'adoption des véhicules électriques dans un pays donné pour comprendre le volume de ventes nécessaire ou pour aider par exemple les fournisseurs de recharge à comprendre où ils doivent se localiser. La plupart de ces analyses de concentrent sur le volume, l'échelle ou la tendance, puis regardent éventuellement l'impact environnemental dans un second temps, mais cela reste très rare, la préoccupation étant principalement économique. Selon nos observations, une entreprise sera plus susceptible d'utiliser des outils d'analyse de l'environnement sophistiqués s'il y a un impact direct sur son activité et sa performance économique.

Ensuite, les outils quantitatifs sont aussi mobilisés pour calculer et prédire les coûts ou le retour sur investissement des flottes. L'outil le plus connu et utilisé dans ce domaine est le total cost of ownership (TCO) ou cout total d'acquisition/ possession en français, qui permet de calculer le cout global d'un produit ou d'un service tout au long de son cycle de vie. Cela peut être utilisé par exemple pour guider une entreprise dans la décision d'acheter des véhicules électriques ou pas, étant donné que le cout d'acquisition est plus important qu'un véhicule traditionnel, mais que les couts de maintenance sont moindres. Cet outil peut donc permettre à une entreprise de décider si

elle doit électrifier sa flotte en fonction de sa durée de vie qui permettra ou pas d'amortir le coût d'acquisition afin de rendre cela viable économiquement. Une entreprise utilise des outils de calcul incluant des simulations pour aider ses clients dans leur prise de décision sur l'électrification de leurs flottes selon différents types de déploiement, en prenant en compte plusieurs paramètres comme les émissions de GES, la consommation des véhicules et leur autonomie.

Enfin, des outils quantitatifs sont aussi utilisés dans un but d'optimisation, avec par exemple des logiciels qui permettent de calculer l'opérabilité des salariés en fonction du temps de travail, la meilleure composition d'une flotte de véhicules dans un souci d'efficacité économique, ou l'optimisation des processus de l'entreprise. Un acteur a donné l'exemple du logiciel Aspen ISIS utilisé comme outil d'optimisation des processus dans un but de réduction des GES, et explique qu'il permet à son entreprise de modéliser son système interne à différents niveaux.

Ces outils se concentrent majoritairement sur l'aspect économique des stratégies, car les caractéristiques actuelles du marché n'offrent selon les personnes interrogées, pas assez d'incitatifs pour que l'aspect environnemental soit prioritaire.

Il ne semble pas y avoir d'outils de modélisation en lien avec la performance environnementale des entreprises. Certaines entreprises font appel à des consultants externes au stade initial de leur stratégie environnementale pour dresser un bilan de leurs impacts. Les outils utilisés mentionnés par les acteurs sont l'inventaire de GES, et l'ACV, mais ils ne sont pas inclus dans des modélisations à un niveau macro-systémique.

Les modèles de politique quantitatifs sont adaptés à une approche prospective de la stratégie, avec par exemple l'utilisation de scénarios et de roadmaps, mais l'approche stratégique des entreprises reste selon un acteur interrogé majoritairement réactif. Un gestionnaire nous a d'ailleurs expliqué qu'une approche stratégique réactive est plus adaptée selon lui à son contexte de nouveau marché avec des comportements peu prévisibles qui ne permettent pas de projections fiables à long terme.

### *Thème 5 : point de vue sur les outils quantitatifs*

En interrogeant les différents acteurs sur l'utilisation d'outils quantitatifs à des fins stratégiques, plusieurs faits intéressants sont ressortis.

Tout d'abord, les petites entreprises expliquent qu'elles n'ont pas les ressources financières ni l'expertise pour utiliser des outils analytiques sophistiqués. Elles indiquent le besoin d'avoir des outils faciles à utiliser et adaptés à leurs contraintes économiques et temporelles. De plus, les outils quantitatifs ont des limites du point de vue des gestionnaires et ne conviennent pas à la prise de décision stratégique dans le secteur privé. Leur complexité les rend difficiles à utiliser pour une prise de décision simple, et le fait qu'ils reposent sur des hypothèses et certaines méthodes les rend peu fiables, car ils peuvent être remis en question facilement, ce qui comporte un risque pour les entreprises. Comme évoqué précédemment, l'approche réactive des stratégies est perçue comme plus flexible et moins risquée que la prospective dans un contexte nouveau et qui évolue vite comme c'est le cas pour la transition écologique de la mobilité.

Selon les avis recensés, les entreprises n'utilisent en majorité pas de modèle quantitatif pour faire des analyses macro-stratégiques, sauf dans les cas plus rares ou il s'agit d'entreprises de grandes



tailles qui ont les ressources financières pour payer des consultants et dont l'environnement impacte directement leur activité. Un gestionnaire nous a aussi expliqué que même s'il avait les ressources disponibles pour recruter un praticien, cela nécessiterait un effort d'adaptation des pratiques organisationnelles à l'interne qui est difficile et justifiable seulement si c'est une priorité pour l'entreprise, ce qui n'est pas le cas actuellement. Le processus d'intégration d'une nouvelle expertise au sein d'une entreprise est donc un obstacle à l'utilisation de modèles quantitatifs.

Les outils quantitatifs techniques utilisés par les entreprises sont propres à chaque contexte de décision, à chaque métier et à chaque expertise, et ils sont source d'avantage compétitif, ce qui les rend non transférables et ce qui explique qu'il n'y ait pas de collaboration ou de pratique courante d'outils utilisés pour la planification stratégique dans l'industrie. Cela explique également pourquoi nous n'avons pas pu obtenir beaucoup de détails sur les outils techniques utilisés par les plus grandes entreprises. Un gestionnaire nous a aussi expliqué que les facteurs qui affectent la prise de décision des entreprises sont trop complexes et variés pour être représentés correctement par un modèle quantitatif.

### *Thème 6 : besoins pour la transition*

Pour finir, ces entretiens ont permis d'identifier des besoins récurrents au sein des entreprises de l'écosystème des transports au Québec.

Elles déplorent le manque d'information fiable sur les coûts réels écologiques des véhicules électriques, car les seules informations facilement accessibles sont issues des constructeurs de véhicules et sont donc jugées peu objectives. Des informations plus précises sur le rendement écologique réel, le coût complet écologique sur le cycle de vie des véhicules, sur les coûts-bénéfice de l'électrification d'une flotte, les rendements des chargeurs, l'efficacité inductive et la gestion de l'énergie seraient nécessaires pour prendre des décisions stratégiques éclairées dans le contexte de la transition. Ces données seraient aussi utiles pour appuyer la communication des entreprises et les aider à se différencier et donc à s'adapter au marché dans le contexte de la transition du secteur des transports.

Le besoin d'avoir des outils simples avec des indicateurs de performance clairs et non exhaustifs pour quantifier l'impact environnemental et guider les stratégies des entreprises est aussi récurrent. Les gestionnaires aimeraient que ces outils soient plus accessibles et vulgarisés pour les personnes n'ayant pas de compétences techniques.

## 5. DISCUSSION

Les résultats des entrevues nous permettent de valider notre diagnostic, à savoir que les acteurs du secteur privé sont plus propices à utiliser l'ACV qui leur permet de se concentrer sur des attributs spécifiques de leurs produits et services alors que les modèles quantitatifs sont sous-utilisés, car ils sont actuellement orientés vers les décideurs gouvernementaux au niveau municipal et au niveau des gouvernements fédéral et provincial. Nous discutons sur les résultats et leurs implications à travers les apprentissages qui sont organisés autour des cinq sections.

## a. L'utilisation de l'ACV a un niveau macro-stratégique par les entreprises au Québec

Nous avons compris que l'ACV n'est pas un outil adapté à la prise de décision à un niveau macro-stratégique par rapport à la transition écologique, car il sert à faire état de l'impact environnemental des produits, services ou de la chaîne de valeur d'une entreprise, ce qui relève davantage du soutien à la performance environnementale de l'entreprise. Il faut néanmoins souligner que ce résultat reflète l'état de l'utilisation de l'ACV au Québec. L'ACV est un outil qui a le potentiel d'être utilisé pour des analyses du système dans lequel évolue l'entreprise à un niveau plus macro, par exemple en soutenant une stratégie de décarbonisation au-delà du niveau opérationnel de l'entreprise (Voisine Paquette, 2019). Le niveau d'analyse de l'ACV s'adapte au contexte dans lequel il est utilisé, et il semble que le contexte européen soit plus propice à une utilisation dite « stratégique » (Voisine Paquette, 2019). L'ACV peut même être utilisé pour analyser l'impact environnemental des politiques publiques, en combinant modèle quantitatif et d'analyse de cycle de vie, on parle dans ce cas-là de « Macro ACV » (Dandres, Gaudreault, Seco, & Samson, 2014). Il existe aussi des ACV conduits de façon prospective, par exemple pour évaluer la performance environnementale des solutions énergétiques futures en se basant sur des projections à long terme des évolutions de technologies et de ressources énergétiques (Arvidsson, Kushnir, Sandén, & Molander, 2014; Marini & Blanc, 2014; Wender & Seager, 2011). Il faut donc générer le contexte propice à une utilisation plus sophistiquée de l'ACV au Québec.

## b. L'utilisation des modèles quantitatifs par les entreprises au Québec.

Les modèles quantitatifs de politique publique pour le changement climatique qui sont développés par la recherche académique et utilisés par le secteur public ne sont pas utilisés par le secteur privé. Il y a de nombreux obstacles à leur utilisation : Les outils quantitatifs sophistiqués pour soutenir la décision stratégique ne semblent pas adaptés au contexte du secteur privé, compte tenu de leur complexité et de leur ambiguïté. Ils peuvent même présenter un risque pour les entreprises qui s'exposent à la remise en question de leurs résultats. Les entreprises ont besoin d'outils simples à utiliser et dont les résultats sont facilement interprétables. Dans le contexte du secteur privé, la prise de décision est souvent rapide et peu de temps et de ressources sont disponibles pour conduire des analyses poussées. On peut voir que les entreprises utilisent des outils quantitatifs quand elles ont les ressources nécessaires, mais ils ont des objectifs d'analyse économique et ne servent pas à conduire des analyses macro-systémiques.

## c. Comment faire en sorte que les modèles quantitatifs et l'ACV soient utilisés par les entreprises ?

Pour que les modèles quantitatifs et la macro ACV soient utilisés par les entreprises, il faudrait qu'elles aient premièrement un intérêt à conduire des analyses macro-systémiques en lien avec la transition et pas seulement avec un focus économique et deuxièmement qu'elles aient la capacité à utiliser de tels outils, en termes de ressources (financières, humaines), mais aussi d'adaptation de tels outils de modélisation à leur contexte.

Comme nous avons pu le constater dans les entretiens, il n'y a pour l'instant pas un intérêt suffisant chez les entreprises du secteur privé à conduire de telles analyses techniques en lien avec la transition à un niveau macro-systémique. Il faudrait un contexte plus favorable à inciter à de telles analyses, ce qui adviendra quand les enjeux de la transition écologique seront aussi importants et stratégiques aux yeux des entreprises que les enjeux économiques, ce qui nécessite une évolution de la culture et des perceptions qui prendra du temps afin d'atteindre un niveau de maturité en termes de développement durable plus important au Québec. En attendant, le rôle du gouvernement est de continuer à fournir des incitatifs pour les entreprises via les

politiques publiques. Nous avons aussi pu constater dans nos entretiens que le manque d'information dont disposent les entreprises sur les coûts réels et les données liés à la transition semblent être un obstacle à l'orientation stratégique vers la transition écologique qui est pour l'instant incompatible avec le profit selon les entreprises. La recherche académique devrait tâcher de répondre à ces besoins d'informations des entreprises, et rendre leurs résultats compréhensibles et accessibles aux gestionnaires. Il est donc nécessaire de mettre en place un dialogue, une collaboration entre le milieu académique et le secteur privé, ce qui permettra de plus une meilleure compréhension des enjeux respectifs.

Pour ce qui est de la capacité des entreprises à utiliser de tels outils, la modélisation de politique quantitative et l'utilisation de l'ACV à un niveau macro sont pour l'instant adaptées au secteur public. Ces outils sophistiqués sont développés et utilisés par des chercheurs et des techniciens experts. Il y a donc un travail d'adoption de ces outils en les vulgarisant et en les simplifiant afin de permettre qu'ils soient adaptés aux enjeux et paramètres propres au secteur privé et qu'ils soient compréhensibles pour les gestionnaires. Cela nécessite un travail de collaboration entre les développeurs de modèles et le secteur privé, afin de briser les silos et les langages différents de ces deux mondes. Ensuite, il est nécessaire que les entreprises se dotent de ressources appropriées pour conduire de telles analyses, en faisant appel à des consultants internes ou en embauchant une personne à l'interne. L'enjeu est financier, mais il relève également de la flexibilité des systèmes de prise de décision à l'interne des entreprises qui devront s'adapter à cette expertise.

#### d. Le rôle des entreprises est-il de conduire des analyses macro-stratégiques pour la transition écologique ?

Ce projet soulève aussi une interrogation sur le rôle des entreprises. Le but des modèles quantitatifs et des ACV macro est d'analyser l'impact et l'efficacité des mesures prises par le gouvernement pour la transition écologique, de façon quantitative. Le gouvernement désire influencer et inciter les acteurs économiques à travers ses politiques publiques. Mais est-ce le rôle des entreprises individuellement d'analyser l'impact et l'efficacité de leurs politiques pour la transition écologique et donc de chercher à influencer le marché et ses acteurs ? Cela demande un niveau élevé de maturité en termes de responsabilité sociale. Zadek (2007), dans son article intitulé « The path to corporate responsibility » définit 5 étapes d'apprentissage organisationnel en Responsabilité Sociale et Environnementale.

Le niveau de maturité le plus avancé sur son échelle est le niveau civil, dans lequel l'entreprise cherche à promouvoir la participation à la responsabilité sociale à l'échelle de l'industrie, en ayant un rôle d'influence sur le marché. Ce niveau de maturité permet de réaliser des gains via l'action collective. L'utilisation d'outils comme la modélisation de politique quantitative et l'ACV à un niveau d'analyse macro nécessite un tel niveau de maturité des entreprises en termes de responsabilité sociale. Ces outils pourraient être utiles pour les entreprises pour se prémunir des risques futurs en lien avec la transition qui pourraient avoir un impact sur leurs activités (par exemple les variations du prix du carbone), pour comprendre le contexte de la transition, les méga trends, et ses enjeux. Mais ces outils permettraient aussi aux entreprises qui souhaitent avoir une influence en termes de développement durable sur l'industrie, d'évaluer l'efficacité des mesures qu'elles mettront en place, et ainsi d'en améliorer l'efficacité.

#### e. Actions à entreprendre pour faciliter la transition écologique du secteur des transports

La transition vers la mobilité durable nécessite une mobilisation et une collaboration de toutes les sphères de la société : Le secteur public, le secteur privé et la société civile. Cette collaboration est notamment nécessaire pour briser les silos qui existent entre le secteur public et la recherche académique d'un côté et le secteur privé de l'autre. Les acteurs du secteur privé expliquent notamment un manque de prise en

considération de leur contexte et de leurs contraintes économiques, qui font parfois obstacle à la transition vers la mobilité durable, par les autres sphères de la société. Le gouvernement, le secteur privé et la société civile doivent faire un effort de compréhension des contextes et enjeux mutuels pour dépasser ces obstacles.

D'autre part, l'utilisation d'outils d'analyse à un niveau systémique comme la modélisation de politique quantitative et l'ACV peuvent aider à calibrer les actions à entreprendre pour la transition vers la mobilité durable. Mais cette utilisation nécessite un effort de vulgarisation et d'adaptation au secteur privé. Il faut de plus rendre l'information sur les coûts réels nécessaires à la transition écologique plus accessible au secteur privé. Enfin, il faut que les perceptions face à l'importance de la transition écologique et que le système économique change afin qu'elle ne soit plus un obstacle à la performance économique.

## 6. CONCLUSION, LIMITES ET RECOMMANDATIONS

L'ACV est connue des entreprises et utilisée pour des analyses de niveau opérationnel, mais elle ne sert pas d'outil d'analyse macro stratégique par rapport à la transition en prenant en compte le comportement des autres acteurs économiques, car le contexte actuel de maturité RSE au Québec n'est pas adapté à ce type d'analyse. La modélisation quantitative de politique n'est quant à elle pas utilisée car elle reste inconnue des entreprises puisqu'elle est pour l'instant destinée à un autre public cible : le secteur public.

Cette étude présente des limites. Nous avons recueilli les avis de 8 entreprises ce qui est un petit échantillon qui n'est pas strictement représentatif de l'industrie liée aux transports au Québec. Nous n'avons par exemple pas interrogé d'entreprise de logistique, alors que c'est un acteur important de l'écosystème des transports québécois. Nos entretiens se sont concentrés sur l'utilisation d'outils quantitatifs pour une analyse macro-stratégique en lien avec la transition, et n'ont pas beaucoup abordé la perception des entreprises quant au rôle qu'elles ont à jouer en tant qu'acteurs économiques de la transition écologique, ce qui est un point important. Nous avons posé un diagnostic sur l'utilisation de l'ACV et de la modélisation quantitative par les entreprises québécoises du secteur des transports, et il faut maintenant approfondir les raisons pour lesquelles ces outils ne sont pas utilisés pour conduire des analyses macro-stratégiques pour la transition.

Afin que les entreprises du secteur privé au Québec aient un intérêt à conduire des analyses macro-stratégiques, il faut qu'elles cherchent à promouvoir la participation à la responsabilité sociale et environnementale à l'échelle de leur industrie, en ayant un rôle d'influence sur leur marché. Ceci nécessite que les entreprises québécoises gagnent en maturité en termes de responsabilité sociale et environnementale, ce qui passe par un changement de perception et de contexte économique afin que les stratégies pour la transition énergétique ne soient plus subordonnées aux stratégies économiques.

Collaborer davantage avec le milieu académique permettrait aux entreprises du secteur des transports au Québec d'avoir accès à des connaissances et des outils qui les aideraient à être plus performantes en termes de RSE. Elles pourraient aussi s'inspirer des bonnes pratiques des entreprises Européennes qui ont un niveau de maturité supérieur dans ce domaine.

Les futures recherches devraient se concentrer sur l'élaboration d'outils d'analyse macro-stratégique adaptés aux entreprises. Cela nécessite une compréhension du contexte et des contraintes propres au secteur privé par le milieu académique. La recherche devrait également chercher à répondre aux besoins d'informations du secteur privé sur les coûts réels de la transition énergétique dans le secteur des transports.

Les conclusions de cette étude impliquent le besoin d'établir une collaboration entre le secteur public et le monde académique d'un côté et le secteur privé, afin de briser les silos et de comprendre les besoins

respectifs pour travailler de concert à l'élaboration d'outils de macro-analyse stratégique qui soient adaptés au contexte privé, qui est différent de celui pour lequel la modélisation quantitative de politique est élaborée.

## 7. RÉFÉRENCES

- Acciaro M (2014) Real option analysis for environmental compliance: LNG and emission control areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* **28**:41-50.
- Ahmed A, Bwisa H, Otieno R and Karanja K (2014) Strategic Decision Making: Process, Models, and Theories. *Business Management and Strategy* **5**:78.
- Amer M, Daim TU and Jetter A (2013) A review of scenario planning. *Futures* **46**:23-40.
- Audet R (2015) Le champ des sustainability transitions: origines, analyses et pratiques de recherche. *Cahiers de recherche sociologique*:73-93.
- Bahn O, Marcy M, Vaillancourt K and Waaub J-P (2013) Electrification of the Canadian road transportation sector: A 2050 outlook with TIMES-Canada. *Energy Policy* **62**:593-606.
- Blanco H, Codina V, Laurent A, Nijs W, Maréchal F and Faaij A (2020) Life cycle assessment integration into energy system models: An application for Power-to-Methane in the EU. *Applied Energy* **259**:114160.
- Bradfield R, Wright G, Burt G, Cairns G and Van Der Heijden K (2005) The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. *Futures* **37**:795-812.
- Breton S-P, Purdon M, Beaumier L and Mousseau N (2017) *Pour une initiative permanente de modélisation des systèmes énergétiques canadiens*, Institut de l'énergie Trottier (IET) et Institut québécois du carbone (IQCarbone), Montréal.
- Busch T and Schwarzkopf J (2013) Carbon management strategies—a quest for corporate competitiveness. *Progress in Industrial Ecology, an International Journal* **8**:4-29.
- ECCC (2018) *Clean Fuel Standard: Timelines, Approach and next Steps*, Environment and Climate Change Canada. Website (accessed 9 April 2019): <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-pollution/energy-production/fuel-regulations/clean-fuel-standard/timelines-approach-next-steps.html>., Ottawa.
- Estrada MAR (2011) Policy modeling: Definition, classification and evaluation. *Journal of Policy Modeling* **33**:523-536.
- Frischknecht R, Benetto E, Dandres T, Heijungs R, Roux C, Schrijvers D, Wernet G, Yang Y, Messmer A and Tschuempelin L (2017) LCA and decision making: when and how to use consequential LCA; 62nd LCA forum, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, 9 September 2016. *The International Journal of Life Cycle Assessment* **22**:296-301.
- García-Gusano D, Iribarren D, Martín-Gamboa M, Dufour J, Espegren K and Lind A (2016) Integration of life-cycle indicators into energy optimisation models: The case study of power generation in Norway. *Journal of Cleaner Production* **112**:2693-2696.
- Gerboni R, Grosso D, Carpignano A and Dalla Chiara B (2017) Linking energy and transport models to support policy making. *Energy Policy* **111**:336-345.
- Gordon TJ (1994) Trend impact analysis, Futures Research Methodology. *AC/UNU Millennium Project*.
- Huss WR (1988) A move toward scenario analysis. *International Journal of forecasting* **4**:377-388.
- Huss WR and Honton E (1987) Alternative methods for developing business scenarios. *Technological Forecasting and Social Change* **31**:219-238.
- Iacono M, Levinson D and El-Geneidy A (2008) Models of transportation and land use change: A guide to the territory. *Journal of Planning Literature* **22**:323-340.
- Jolliet O, Saadé M and Crettaz P (2010) *Analyse du cycle de vie: comprendre et réaliser un écobilan*, PPUR Presses polytechniques.
- Kang SB and Létourneau P (2016) Investors' reaction to the government credibility problem: A real option analysis of emission permit policy risk. *Energy Economics* **54**:96-107.

- Kii M, Moeckel R and Thill J-C (2019) Land use, transport, and environment interactions: WCTR 2016 contributions and future research directions. *Computers, Environment and Urban Systems* **77**:101335.
- Kostoff RN and Schaller RR (2001) Science and technology roadmaps. *IEEE Transactions on engineering management* **48**:132-143.
- Lee S-C (2011) Using real option analysis for highly uncertain technology investments: The case of wind energy technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **15**:4443-4450.
- McNally MG (2000) The four step model. *Handbook of transport modelling* **1**:35-41.
- MELCC (2018) Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2015 et leur évolution depuis 1990, Direction générale de la réglementation carbone et des données d'émission du ....
- Messagie M (2014) Life cycle analysis of the climate impact of electric vehicles. *Journal of Life Cycle Assessment* **2014**:14.
- Moeckel R, Garcia CL, Chou ATM and Okrah MB (2018) Trends in integrated land-use/transport modeling. *Journal of Transport and Land Use* **11**:463-476.
- Nickols F (2016) Three forms of strategy: General, corporate and competitive.
- Park T, Kim C and Kim H (2014) A real option-based model to value CDM projects under uncertain energy policies for emission trading. *Applied energy* **131**:288-296.
- Razzouk R and Shute V (2012) What is design thinking and why is it important? *Review of educational research* **82**:330-348.
- Rich J (2015) *Transport Models - From Theory to Practise*.
- Sambo A, Iloeje O, Ojosu J, Olayande J and Yusuf A Nigeria's experience on the application of IAEA's energy model (MAED & WASP) for National Energy Planning. Republic of Korea: Korea Atomic Energy Research Institute; 2006.
- Sesana MM and Salvalai G (2013) Overview on life cycle methodologies and economic feasibility for nZEBs. *Building and Environment* **67**:211-216.
- Shaharudin MS, Fernando Y, Jabbour CJC, Sroufe R and Jasmi MFA (2019) Past, present, and future low carbon supply chain management: A content review using social network analysis. *Journal of cleaner production* **218**:629-643.
- Siddiqui A and Fleten S-E (2010) How to proceed with competing alternative energy technologies: A real options analysis. *Energy Economics* **32**:817-830.
- Statt DA (2004) *The Routledge dictionary of business management*, Routledge.
- Tasala Gradin K (2016) The importance of system boundaries for environmental assessment of vehicles, KTH Royal Institute of Technology.
- TEQ (2018) *Plan directeur en transition, innovation et efficacité énergétiques 2018- 2023*, [https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/plan-directeur/TEQ\\_PlanDirecteur\\_web.pdf](https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/plan-directeur/TEQ_PlanDirecteur_web.pdf).
- Tillman A-M, Ekvall T, Baumann H and Rydberg T (1994) Choice of system boundaries in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* **2**:21-29.
- Vecchiato R (2012) Strategic foresight: matching environmental uncertainty. *Technology Analysis & Strategic Management* **24**:783-796.
- Vecchiato R and Roveda C (2010) Strategic foresight in corporate organizations: Handling the effect and response uncertainty of technology and social drivers of change. *Technological Forecasting and Social Change* **77**:1527-1539.
- Weidema B (2003) *Market Information in Life Cycle Assessment*.