

Louvain School of Management

Impact du E-commerce sur le transport en Belgique

Auteur : Louise Baufays
Promoteur : Bart Jourquin
Année académique 2018-2019
Master [120] en ingénieur de gestion, à finalité Transportation and
Supply Chain Management

Resume

Ce mémoire consiste en une analyse de l'impact du e-commerce sur le transport en Belgique, concept en plein essor depuis 2003. Cinq externalités sont analysées : la pollution de l'air, la congestion, le bruit, les accidents et l'usure de la route.

Nous constatons que le nombre de camions et camionnettes sur nos routes augmentent. Cela entraîne une augmentation des autres externalités.

La pollution de l'air entraînait 414 milles morts prématurées en Europe en 2010 pour un coût total de 300 mds.

Les nuisances sonores ont un impact sur l'audition de la population mais également sur d'autres problèmes de santé tels que les AVC et troubles mentaux.

Les camions et camionnettes sont à l'origine de la plupart des accidents mortels. Leurs augmentations entraînent également une hausse de décès de la route. De plus, les coûts médicaux augmentent. Ces deux aspects font de cette externalité la plus coûteuse à la société.

Enfin, un camion use autant que le passage de 20.000 voitures tandis que les camionnettes valent pour 30 voitures.

Ensuite, différentes solutions sont exposées afin d'améliorer la situation actuelle : le centre de consolidation, l'approvisionnement collaboratif, la vélogistique, les drones et les pénalités sur temps de parcours en fonction du comportement de conduite. Une analyse sur les différentes externalités a également été effectuée afin de déterminer l'impact de chacune de ces solutions.

Il est évident que le centre de consolidation est le plus intéressant mais demande beaucoup de subsides. L'approvisionnement collaboratif a un impact semblable mais moins avantageux.

Les vélos sont une solution envisageable mais avec un risque de congestion sur les pistes cyclables à terme si celles-ci ne sont pas aménagées.

Les drones semblent fort ambitieux pour le moment au vu de la législation et de leurs performances actuelles.

Enfin, les pénalités à gauche sont avantageuses autant pour la société que pour l'entreprise l'intégrant dans son système de calcul de tournées de livraisons tandis que les pénalités dans les zones résidentielles sont intéressantes malgré le déplacement des externalités dans des zones moins peuplées.

Nous pouvons également conclure que la mise en place de chacun des systèmes reste la meilleure solution afin de combiner les avantages de chacune.

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidées lors de la rédaction de ce mémoire.

J'aimerais, en premier lieu, remercier mon promoteur, Bart Jourquin, pour son aide, sa disponibilité et ses judicieux conseils tout au long de la rédaction de ce travail qui m'ont permis d'alimenter et améliorer ma réflexion.

Je remercie également toutes les personnes qui m'ont soutenue et pour leurs encouragements. Je pense particulièrement à mes parents qui ont toujours été présents ainsi qu'à mes amis.

Table des matières

I	Introduction	1
II	E-commerce	3
1	Definitions	3
2	Histoire et évolution du e-commerce	4
3	Les avantages	5
4	Analyse du marché belge	6
4.1	Données statistiques	6
4.2	Index DESI	6
4.3	Culture	9
III	Externalités	14
5	Pollution de l'air	14
6	Congestion	26
7	Bruit	31
8	Accidents	35
9	Usure des routes	38
10	Coût des externalités	41

11 Conclusion	46
 IV Solutions	 47
12 Consolidation	47
12.1 Centre de consolidation	47
12.2 Approvisionnement collaboratif	49
 13 Vélogistique	 51
 14 Drones	 55
14.1 Analyse des externalités	56
 15 Pénalités	 59
15.1 Pénalités à gauche	59
15.2 Pénalités dans les zones résidentiels	60
 16 Conclusion	 64
 V Limites de ce mémoire	 65
 VI Conclusion	 66
 VII Sources	 69
 VIII Annexes	 76

A	Variations des concentrations de pollution atmosphérique à Shanghai	76
B	Variation de la mortalité totale, cardio-vasculaire et respiratoire associé à chaque polluant (%).	77
C	Coût des décès liés à la pollution atmosphérique pour chaque pays de l'OCDE	78
D	Enquête sur le coût d'une année de vie	79
E	Réponses enquête WTP Belgique	82
F	Milliards de kilomètres parcourus en 2017 pour chaque type de véhicule belge	87
G	Cartes du bruit	88
H	Echelle des décibels	90
I	Types de vélo-cargo	91
J	Analyse des différents centre de consolidation	92

Table des figures

1	Classement DESI 2018. (Digital Economy and Society Index 2018).	7
2	Comparaison DESI 2018 et 2017. (Digital Economy and Society Index 2018).	8
3	Comparaison des dimensions pour la Chine et la Belgique. (Country Comparison Tool, 2018)	11
4	Diagramme climatique Shanghai. (Climate-data.org, s.d.).	16
5	Proportion de CO ₂ dans l'air en fonction des différentes sources en Belgique en 2017. (SPF Mobilité, 2018).	17
6	Variation de la mortalité respiratoire associée à chaque polluant à Londres (%). (Atkinson & Al., 2016).	18
7	Densité de population en 2011. (Atkinson & al., 2016).	19
8	Morts prématurés dû à la pollution de l'air, 2010. (Atkinson & al., 2016).	19
9	Conscience de l'impact de la manière de consommer sur la pollution de l'air	22
10	Augmentation du coût de la vie pour augmenter l'espérance de vie	23
11	Influence du flux routier sur la vitesse moyenne.(Jourquin B., 2017).	26
12	Optimum social vs optimum du conducteur.(Jourquin B., 2017).	27
13	Parc de véhicules immatriculés en Belgique au 1er août 2018. (Statbel, 2018).	28
14	Nombre de véhicules-kilomètres sur autoroute. (SPF Mobilité et Transports, 2018).	29
15	Exposition pour chaque niveau sonore des habitants de Bruxelles en 2006. (Bruxelles Environnement, 2010).	33
16	Conscience de l'impact des nuisances sonores sur la santé	33
17	Evolution du nombre d'accidents corporels et de tués sur place par types d'usagers en Belgique. (VIAS, 2018).	35
18	Evolution du nombre d'accidents corporels impliquant une camionnette en Belgique. (VIAS,2018).	36

19	Evolution du nombre d'accidents corporels impliquant une camionnette en Belgique. (VIAS,2018).	36
20	Conditions climatiques des essais AASHO. (Pavement Interactive, 2018).	38
21	Coût marginal de la congestion sociale par vkm, moyenne pour les pays de l'UE. (European Commission, 2019).	42
22	Coût marginal du bruit causé par le transport routier, moyenne pour les pays de l'UE. (European Commission, 2019).	43
23	Coût marginal des accidents de la route, moyenne pour les pays de l'UE. (European Commission, 2019).	44
24	Parts du coput de chaque externalités étudiées dans le Handbook en 2019. (European Commission, 2019).	45
25	Livraison traditionnelle vs. centre de consolidation. (TU Delft, 2019).	47
26	Exemple de vélo-cargo. (Velobas, s.d.).	51
27	Drone de livraison de Amazon. (Amazon Prime Air, 2019).	55
28	Variations des concentrations de pollution atmosphérique à Shanghai. (Climat-Data.org, s.d.).	76
29	Variation de la mortalité totale, cardio-vasculaire et respiratoire associé à chaque polluant (%). (Atkinson & al., s.d)	77
30	Coût des décès liés à la pollution atmosphérique pour chaque pays de l'OCDE. (OCDE,2014).	78
31	Première question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).	79
32	Deuxième question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).	79
33	Troisième question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).	80
34	Quatrième question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).	80

35	Cinquième question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).	80
36	Sixième question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).	81
37	Milliards de kilomètres parcourus en 2017 pour chaque type de véhicule belge. (VIAS, 2018).	87
38	Carte de bruit Wallonie. (Wallonie, s.d.)	88
39	Carte de bruit Flandre. (GeoPunt Vlaanderen, s.d.)	88
40	carte de bruit Bruxelles. (Bruxelles Environnement, 2019).	89
41	Echelle des décibels réalisée par l'association JNA. (Journée Nationale de l'Audition, 2018).	90
42	Comparaison entre différents vélos et vélos-cargos. (Weirich C., 2012). . . .	91

Liste des tableaux

1	Coût des décès prématurés liés à la pollution atmosphérique en Europe . .	25
2	Effet surcharge	39
3	Usure de la route par un méga-camion	40
4	Usure de la route par une camionnette	40
5	Tableau récapitulatif des différentes usures	40
6	Analyse des externalités pour le centre de consolidation	50
7	Analyse des externalités du vélo-cargo	54
8	Analyse des externalités pour la livraison par drone en milieu rural	58
9	Indice de l'équation 5	60
10	Analyse des externalités des pénalités	63
11	Récapitulatif des externalités pour les différentes solutions	64
12	Récapitulatif des externalités pour les différentes solutions	68
13	Analyse des différents centres de consolidation en Europe (VPF, 2017) . .	92

Première partie

Introduction

Selon Luc Partoune, le CEO de l'aéroport de Liège-Bierset, l'arrivée d'Alibaba entraînera un flux journalier de 1500 camions supplémentaires alors que la saturation des routes environnantes est déjà presque atteinte. (Le Soir, 2019). De cette phrase, nous pouvons en tirer que le e-commerce est de plus en plus présent en Belgique et donc sur nos routes.

L'objectif de ce travail est d'analyser les externalités liées au transport et de voir l'influence du e-commerce sur celles-ci. En effet, une des caractéristiques du e-commerce est le fait que nous pouvons nous faire livrer nos biens à notre domicile. Les externalités analysées sont la pollution de l'air, la congestion, le bruit, les accidents et l'usure de la route.

Pour commencer, une première partie traitera du concept de e-commerce. Les avantages liés à cette manière de consommer seront exposés. Ensuite, nous analyserons le marché belge. En effet, si celui-ci n'est pas potentiellement lucratif, ce mémoire n'a pas lieu d'être.

Ensuite, nous discuterons des externalités, chacune de manière indépendante.

Nous commencerons par la pollution de l'air, des facteurs influençant la concentration des polluants et de la proportion provenant du trafic routier. Ensuite, nous quantifierons le nombre de décès prématurés causés par la pollution atmosphérique due au trafic routier pour terminer par une estimation du coût économique lié.

La deuxième externalité est la congestion. Celle-ci sera expliquée par rapport à la tragédie des communs décrites par Hardin en 1968. Nous analyserons également le parc automobile belge pour comprendre la situation dans notre pays.

Ensuite, l'influence des nuisances sonores sur notre santé sera analysée. Nous commencerons par expliquer les cartes de bruits réalisées en Belgique pour le trafic routier. Après, nous analyserons les trois types de risques différents : auditif, non-auditif et gêne.

La quatrième externalité est le nombre d'accidents sur nos routes. Nous nous focaliserons sur ceux impliquant les camions et les camionnettes grâce aux données fournies par l'Institut Belge pour la Sécurité Routière (IBSR).

Enfin, l'usure des routes est la dernière des externalités analysées dans ce mémoire. Afin de comparer les différents véhicules circulant sur nos routes, nous utiliserons la formule trouvée aux Etats-Unis dans les années 60 suite au AASHO Road Test.

La dernière partie de ce mémoire portera sur différentes solutions pouvant améliorer la situation. Nous commencerons par expliquer la solution et ensuite, analyser l'impact sur les cinq externalités. Les solutions proposées sont la consolidation grâce à un entrepôt à l'extérieur des villes, l'approvisionnement collaboratif par immeuble, la vélogistique, les drones et les pénalités.

Pour mener à bien ce mémoire, plusieurs livres sur le e-commerce ont été lus afin de comprendre parfaitement ce concept. Afin de fournir une réponse complète, différents sites internet ont également été consultés.

Ensuite, différents articles scientifiques à propos de chaque externalités ont été parcourus. Une enquête a aussi été réalisée pour calculer le coût d'une année de vie. Le "Handbook of external cost" a servi pour quantifier le coût de chacune de ces externalités.

Enfin, pour les solutions apportées, des recherches effectuées sur chacune des technologies ainsi que des sites internet ont été consultés pour pouvoir expliquer chaque concept et analyser au mieux ses impacts sur les cinq différentes externalités. Afin de trouver des idées innovantes comme la consolidation et les pénalités, nous avons suivi le cours en ligne "Sustainable Urban Freight Transport : A Global Perspective" de l'université de Delft. La presse a également permis de trouver des solutions comme la vélogistique et les drones.

Deuxième partie

E-commerce

Afin de comprendre la problématique de ce travail, il nous semble judicieux de commencer en expliquant le concept de e-commerce. > Cette partie commencera par différentes définitions. En effet, étant une notion assez récente et complexe, il existe presque autant de définitions que de commerces électroniques. Ensuite, l'histoire et l'évolution dans le monde occidental seront retracés. Enfin, une analyse du marché belge sera effectuée afin de déterminer si celui-ci est intéressant pour les vendeurs souhaitant proposer leurs produits en ligne. De plus, cela permettra de justifier l'intérêt de ce mémoire.

1 Définitions

Selon le Larousse, le e-commerce se définit comme le commerce en ligne. La définition du commerce est la suivante :

"Activité consistant dans l'achat, la vente, l'échange de marchandises, de denrées, de valeurs, dans la vente de services." (Larousse, 2017).

Dans leur encyclopédie en ligne, nous trouvons une définition du commerce électronique, mot utilisé pour traduire en français le e-commerce et synonyme de commerce en ligne :

"Mode de distribution de produits et de services par l'intermédiaire du site Web des entreprises. (On dit aussi commerce, vente en ligne)." (Encyclopédie Larousse, 2017).

Selon l'Organisation de la Coopération et du Développement Économique (OCDE), le e-commerce est " la vente ou l'achat de biens ou de services par une entreprise, un particulier ou une administration publique au moyen d'un réseau électronique" (SPF Economie, 2014).

Nous pouvons voir que les points communs entre ces définitions sont la notion de vente et d'achat ainsi que le fait qu'il y a utilisation du réseau Internet.

Ces définitions nous donnent le cadre qui sera utilisé dans ce mémoire lorsque nous parlons de e-commerce. Cependant, nous nous cantonnerons à la vente de biens et non de services.

2 Histoire et évolution du e-commerce

Le e-commerce a subi trois grandes évolutions. La première fut le e-commerce basé sur l'EDI (Electronic Data Interchange). (Qin, Chang, Li & Li, 2014). EDI est l'échange de documents entre partenaires commerciaux d'un ordinateur à un autre dans un format standard. A la différence d'un e-mail, aucune personne est en charge d'émettre et de produire ce document. Le receveur traitera immédiatement la demande. Le type de pièces échangées est une facture ou un ordre d'achat. Le format, quant-à-lui, doit contenir le type d'information que possède le document. En général, les entreprises auront leurs propres systèmes afin de traduire ce format dans celui utilisé par la firme elle-même (What is EDI, 2018). Ce système a permis d'améliorer les processus d'achats ainsi que les relations au long de la chaîne d'approvisionnement (Qin & al, 2014).

La deuxième phase fut le e-commerce basé sur Internet. Les principaux désavantages d'EDI étaient le coût élevé, son manque d'adaptabilité au B2C ainsi qu'un réseau fort peu développé en dehors des grosses transnationales. Pourtant, les plus petites entreprises désiraient également pouvoir profiter des avancées technologiques. Dans le même temps, les transnationales eurent de plus en plus besoin de partager des informations à une vitesse toujours plus grande. Dans les années 90, les États-Unis supprimèrent l'interdiction d'utiliser Internet à des fins commerciales. Cette phase est divisée en trois parties : germination (utilisation pour les informations sur les produits), innovation (le début des transactions en ligne) et mature. C'est à ce moment-là, en 2004, que le e-commerce a pris son essor. De plus en plus de gens eurent accès à internet et les commerces électroniques commencèrent à faire du profit (Qin & al, 2014).

Le dernier changement est le e-concept e-commerce. Le haut débit est de plus en plus présent dans les ménages. Faire des courses en ligne devient donc encore plus rapide et plus simple. De plus en plus de pays autres que les États-Unis sont présents sur le marché. C'est à ce moment que le terme e-commerce fait son apparition. Beaucoup de recherches sont faites à ce propos et les gouvernements commencent à développer des politiques encourageant les entreprises à passer au numérique. Des compagnies, aujourd'hui bien connues et totalement axées sur la vente en ligne, voient leur succès arriver comme eBay et Amazon (Qin & al, 2014).

3 Les avantages

La croissance du e-commerce peut être expliquée par les avantages perçus tant par les consommateurs que par les vendeurs. En effet, les premiers permettent à la demande d'augmenter tandis que les seconds y répondent et génèrent donc du profit.

Avantages perçus par les consommateurs

Lorsqu'une personne désire acheter un produit en magasin, celle-ci doit se déplacer jusqu'à l'établissement et se soumettre à ses heures d'ouverture. Les commerces en ligne sont, quant à eux, accessibles 24h/24 7jours/7. Grâce au commerce en ligne, cette même personne peut acheter depuis chez elle ou tout autre endroit et à l'heure qui lui convient le mieux. Elle peut également comparer les prix de différents magasins depuis son ordinateur tout en ayant accès à plus d'informations liées aux caractéristiques du produit ainsi qu'à des avis d'autres consommateurs. Après quelques jours d'attente, le produit arrivera à son domicile.

Nous pouvons donc y trouver différents avantages. La liberté quant au moment d'achat, la commodité due au fait qu'il ne faut pas se déplacer ainsi que la facilité pour comparer les prix. L'effort fourni est donc minime. Il faut tout de même souligner que ces avantages sont perçus de manière plus ou moins fortes en fonction des cultures et des réactions face aux nouvelles technologies (Lacka E. & Chan H., 2017).

Avantages perçus par les vendeurs

L'avantage principal est la capacité à répondre aux demandes des consommateurs de manière plus efficiente (Lacka E. & Chan H., 2017). C'est-à-dire "qui aboutit à de bons résultats avec le minimum de dépenses, d'efforts, etc" (Larousse, 2017). De plus, analyser les données de ventes devient plus facile. Cela permet, entre autres, une meilleure gestion des stocks, de la production, de la distribution. (Qin & al, 2014).

4 Analyse du marché belge

Le but de cette section est, entre autres, de justifier l'utilité de ce mémoire. En effet, si le marché belge n'était pas propice à l'expansion du e-commerce, l'analyse des externalités du transport liées à ces ventes ainsi que la proposition de solutions pouvant améliorer la situation actuelle n'aurait pas lieu d'être.

4.1 Données statistiques

Premièrement, nous pouvons analyser les statistiques fournies par différents organes officiels belges tel que le SPF Economie.

Le profil de l'acheteur type est un homme de 15 à 34 ans gagnant plus de 3500€/mois. Les achats se font très souvent sur des commerces étrangers et même hors Union Européenne (15%). Un tiers de ces achats sont dits de "substitution", c'est-à-dire qu'ils remplacent un achat que le consommateur aurait fait en magasin physique précédemment. Les nouveaux achats, ceux que le client n'aurait pas effectués sans l'existence de ce commerce en ligne, représentent donc deux tiers du volume. (Retis, 2018).

Les articles les plus vendus en ligne sont les articles de sport (57% des acheteurs en ligne) suivi par les tickets pour les manifestations (40%) et les hébergements touristiques (39%) (SPF Economie, 2018). En 2017, chaque ménage a dépensé en moyenne 2292€ en ligne et 49% des e-acheteurs ont dépensé au moins 100€/mois avec un panier moyen de 20 à 50€ (Retis, 2018). De plus, l'année 2018 a battu un record d'achats : 10.67 milliards d'euros ont été achetés en ligne par les Belges, soit une augmentation de 6% par rapport à l'année précédente. (BeCommerce, 2019).

4.2 Index DESI

Nous pouvons également analyser l'index mis en place par la commission Européenne pour mesurer l'évolution la transition numérique des Etats membres (Digital Economy and Society Index, 2018). En effet, si la Belgique est assez avancée dans sa transition numérique, il semble logique de dire que c'est un premier indice pour dire que le marché belge est propice au e-commerce. Un pays qui n'est pas encore passé au numérique ne peut avoir de potentiels clients ni de fournisseurs nationaux.

Cet index est le DESI (Digital Economy and Society Index) traduit par "Indice relatif à l'économie et à la société numériques" en français.

Celui-ci est constitué de cinq facteurs :

1. Connectivité : Cette mesure est liée à l'accès au haut débit fixe ou mobile ainsi qu'au prix pour ce service.
2. Capital humain : Ce chapitre est calculé grâce au pourcentage de la population utilisant internet ainsi que ceux ayant des compétences numériques de base et avancées.
3. Utilisation des services internet : Ce paramètre est constitué de l'utilisation des réseaux sociaux, des services bancaires en ligne, consultation de l'information en ligne et utilisation de la musique, vidéo et jeux en ligne.
4. Intégration de la technologie : Ce facteur est mesuré en fonction du passage des entreprises au numérique.
5. Services publics numériques : Mesure de la possibilité de faire les tâches administratives en ligne, santé en ligne, les données pré-remplies lors de formulaires en ligne liés au services publics.

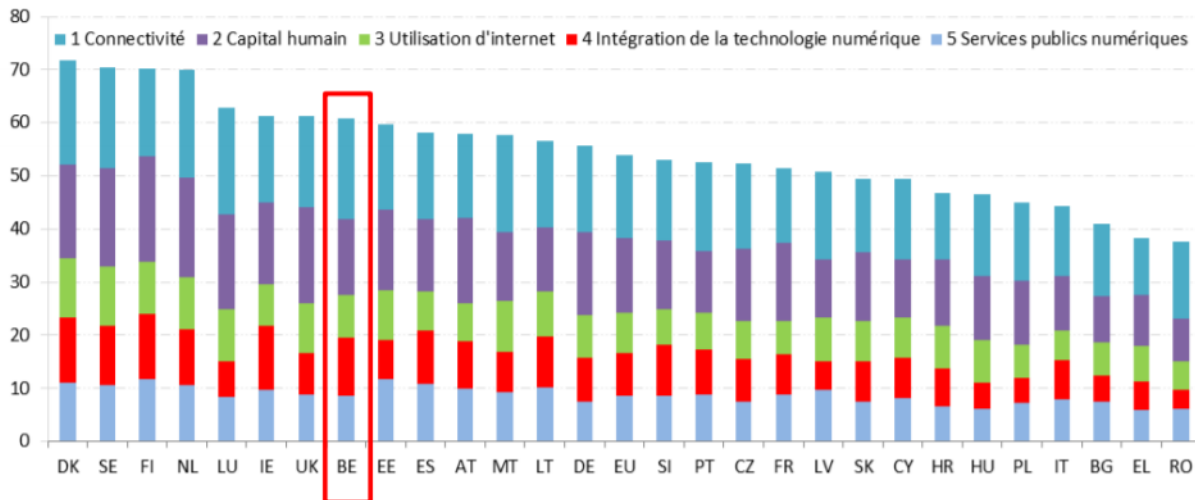


FIGURE 1: Classement DESI 2018. (Digital Economy and Society Index 2018).

Nous pouvons voir sur la figure 1, trouvée dans le rapport DESI 2018, que la Belgique se classe 8ème et est au dessus de la moyenne des pays de l'Union Européenne symbolisée par le bâtonnet "EU". Comparés aux pays limitrophes, nous sommes de moins bon élèves que les Pays-Bas et le Luxembourg mais meilleurs que l'Allemagne et la France.

Si ce score est comparé à celui de l'an passé, nous constatons que la position de la Belgique dans le classement baisse mais son score absolu s'améliore, comme montré sur la figure 2 ci-dessous. Ce constat vaut également pour la moyenne des pays de l'Union Européenne.

	Belgique		Groupe	UE
	classement	note	note	note
DESI 2018	8	60,7	64,0	54,0
DESI 2017	6	58,6	61,2	50,8

FIGURE 2: Comparaison DESI 2018 et 2017. (Digital Economy and Society Index 2018).

Si nous reprenons les cinq facteurs appliqués à la Belgique dans le même ordre que précédemment, voici ce que nous observons :

1. La connectivité est quasi-absolue sur le territoire belge mais le prix reste assez élevé comparé aux offres dans les autres pays.
2. 86% de la population ont un accès internet et 61% les compétences numériques de base. Une pénurie de professionnels se fait ressentir avec la 23ème position au classement pour le nombre de diplômés de filières dites STEM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques).
3. Pour l'utilisation des services internet, la Belgique a une performance moyenne mais nous pouvons constater que 67% des personnes ayant utilisés internet au cours des trois derniers mois en Belgique l'ont fait afin d'acheter en ligne. La Belgique se classe 11ème pour les achats et performait à 65% l'an dernier.
4. Les résultats sont assez bons même si le chiffre d'affaire du commerce en ligne diminue. En 2017, il représentait 31,4% du chiffre d'affaire des entreprises belges dont 18% en B2C (SPF Economie, 2018)
5. Les services administratifs en ligne sont encore assez limités mais le secteur des soins de santé obtient de bons résultats. En effet, l'ordonnance électronique est obligatoire depuis juin 2018.

Au vue de cette indice, nous constatons que la Belgique est assez développée dans sa transition numérique. En effet, la plupart de la population a accès à internet et presque deux tiers les compétences numériques de base. La même proportion utilise Internet pour faire des achats en ligne avec une hausse par rapport à l'année précédente. Elle n'est que 11ème dans le classement mais nous pouvons penser que la proportion va augmenter dans les années futures. Cependant, pour des commerces nationaux, cette tendance est plutôt à la baisse.

Nous pouvons dire que la marché belge est assez intéressant surtout pour les acteurs internationaux.

4.3 Culture

Comme nous avons vu dans la partie sur les avantages du e-commerce, la culture influence la perception de ceux-ci.(E.Lacka E. & Chan H., 2017). C'est pourquoi nous dédions une partie de ce travail sur l'influence de la culture sur le e-commerce et sur le fait de son succès ou non dans certains pays. Pour ce faire, nous pouvons utiliser les dimensions de Hofstede afin de voir les différences entre la Chine et la Belgique ainsi qu'entre les Pays-Bas et la Belgique.

J'ai décidé de comparer la Belgique avec la Chine parce que nos pays semblent assez fort éloignés d'un point de vue culturel. Nous pourrions vérifier ce point grâce à l'analyse. De plus, beaucoup de grosses entreprises de vente en ligne ont vu le jour en Chine comme AliBaba ou Wish. Enfin, comme nous avons vu lors du point sur les données statistiques, 15% des achats sont fait hors Union-Européenne. Pour toutes ces raisons, il me paraissait donc intéressant de comparer ces deux pays-ci.

Une seconde comparaison sera effectuée avec les Pays-Bas. Ce pays semble, de prime abord, d'une culture peu différente de la nôtre surtout pour les nouvelles technologies. Cependant, comme vu au point précédent, les Pays-Bas performement mieux à l'indice DESI avec un score de près de 70, soit 10 points en plus que la Belgique.

Afin de comprendre les analyses effectuées, voici une présentation des différentes dimensions :

1. Distance hiérarchique : le degré d'acceptation d'un ordre hiérarchique. Plus la valeur est élevée, plus la société est considérée comme hiérarchisée.
2. Individualisme vs collectivisme : la préférence pour une société dans laquelle chacun s'occupe de lui-même ou plutôt d'un groupe comme sa famille élargie ou d'une communauté.
3. Dimension masculine/féminine : une culture dite masculine est plus axée sur la réussite et la compétition tandis qu'une culture féminine pense aux plus faibles et aime la modestie.
4. Indice d'évitement d'incertitude : le degré avec lequel la société appréhende le futur et les situations inconnues. Si une société a un indice élevé, elle tendra à mettre en place plus de règles afin de contrôler les situations possibles et sera intolérante envers quiconque dévie du comportement souhaité.
5. Indice d'orientation long-terme : Une société tournée vers le long-terme est fort attachée à ses traditions et privilégie les relations de longue date tandis que celle tournée vers le plus court-terme est plus pragmatique et encourage la modernisation.
6. Dimension d'indulgence : une culture indulgente permet aux personnes de profiter des plaisirs de la vie tandis qu'une culture contraignante supprime la gratification et régule toutes les normes sociales. (Hofstede G., Hofstede. & Minkov M., 2010)

Nous pouvons utiliser la deuxième ainsi que la quatrième dimension afin d'expliquer la volonté des consommateurs d'une société de faire ses achats en ligne.

En effet, l'individualisme vs. collectivisme tient compte de la confiance. Les pays individualistes ont une plus grande confiance générale et vont donc croire le vendeur. De ce fait, ils vont plus facilement acheter en ligne. (E.Lacka E. & Chan H., 2017). De plus, étant axés sur eux-mêmes et non sur le groupe au sens large, ils penseront à tous les points positifs qu'ils pourront tirer en achetant en ligne sans penser aux conséquences sur les autres. (Hofstede & al, 2010) Par exemple, le fait que le vendeur du magasin de proximité perdra du profit ou bien, les externalités possibles que nous analyserons dans la troisième partie de ce mémoire.

L'influence de l'indice d'évitement d'incertitude sur la volonté d'acheter en ligne est plus claire. Un pays avec un indice élevé n'aime pas les situations qui sortent de l'ordinaire. Les habitants vont donc préférer acheter dans un magasin physique qu'ils connaissent depuis toujours. Ils savent qu'en allant acheter dans ce magasin-là, les produits sont de bonne qualité et que tout s'était bien déroulé lors des précédents achats. Les recherches ont montré que ce phénomène existe toujours même après une expérience positive d'achat en ligne (Lacka E. & Chan H., 2017).

En utilisant l'outil en ligne "Country Comparison", nous arrivons au résultat de la figure 3 pour la Belgique (en bleu), la Chine (en mauve) et les Pays-Bas (en vert).

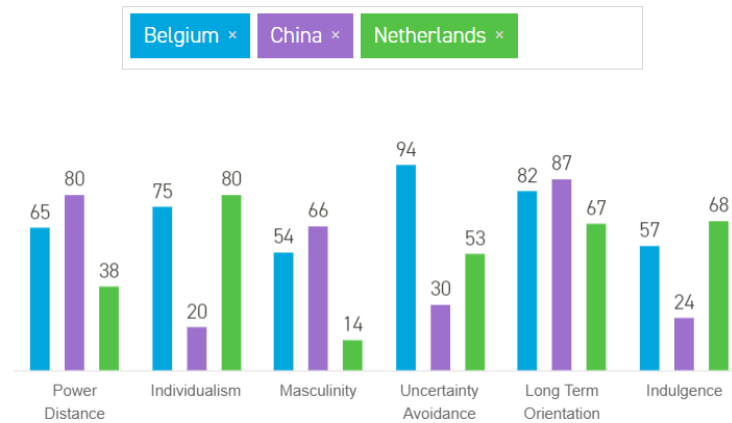


FIGURE 3: Comparaison des dimensions pour la Chine et la Belgique. (Country Comparison Tool, 2018)

Belgique vs. Chine

Il est clair que la Belgique est un pays nettement plus individualiste que la Chine avec un score de 75 contre 20. Nous pouvons également remarquer une grande différence au niveau de l'indice d'évitement d'incertitude. En effet, la Belgique a un score extrêmement élevé (94) tandis que la Chine n'atteint qu'un score de 30. D'après l'analyse de Hofstede, les Belges sont donc centrés sur leurs propres opinions avec une volonté de se sentir important. Ils aiment avoir de la sécurité et des règles sinon cela amène de la tension. Du côté de la Chine, le collectivisme est très fort. Les relations avec leurs amis vont prévaloir sur le reste. Ils préféreront donc acheter à un ami plutôt que sur un magasin électronique dont ils ne connaissent pas le propriétaire. Mais le fait que l'indice d'évitement d'incertitude est faible amène une plus grande flexibilité et un esprit entrepreneurial.

Belgique vs. Pays-Bas

Si nous comparons ces deux pays par rapport à ces deux dimensions, nous remarquons directement qu'ils sont plus proches. Du point de vue de l'individualisme, les Pays-Bas ont un score de 80 contre 75 pour la Belgique. Cette différence étant très faible, nous pouvons dire que les deux pays sont semblables sur ce point. Pour l'indice d'évitement d'incertitude, les Pays-Bas obtiennent un score de 53. Cela indique une faible préférence pour l'évitement de situations nouvelles. Il y aura donc une certaine forme de résistance face aux innovations mais avec, malgré tout, un certain esprit entrepreneurial.

Conclusion de l'analyse culturelle

Grâce aux dimensions de Hofstede, nous pouvons comprendre plus facilement le marché en ligne de ces trois pays. D'une part, la Chine ayant un grand esprit entrepreneurial fera que, plus facilement, une personne lancera un commerce en ligne avec une stratégie innovante tandis qu'un Belge attendra d'être sûr de son coup et d'avoir une clientèle déjà établie. D'autre part, les Pays-Bas n'auront pas autant de facilité à se lancer mais gardent tout de même un grand esprit entrepreneurial. Pour ce qui est du marché en lui-même, l'individualisme du Belge et du Néerlandais vont les pousser à acheter en ligne et profiter de ces avantages même si leur incertitude face au futur est un frein mais dans une mesure moindre pour le Néerlandais. Nous pensons qu'avec le temps et les répétitions d'expériences positives, de plus en plus de Belges achèteront en ligne. Cette tendance est elle-même vérifiée par les statistiques montrées dans la partie précédente. De plus, nous avons vu que les Pays-Bas seront plus enclins à acheter en ligne grâce à une peur moins élevée. Ceci peut être vérifié par leur score DESI visible à la figure 1.

Conclusion

Le concept d'e-commerce est assez complexe du fait de son évolution constante. Ses avantages sont nombreux tant pour le consommateur que pour le vendeur ce qui peut expliquer pourquoi tant de personnes des deux catégories se tournent vers ce type de commerce. Le passage de la Belgique au numérique est assez avancé malgré des retards dans certains domaines comme nous le montre l'index DESI 2018. Cependant, ceux liés directement au succès du commerce électronique obtiennent de très bons scores comme le pourcentage de la population ayant accès à Internet. De plus, le montant dépensé en ligne est en pleine croissance. Ceci peut être également expliqué par la culture belge qui pousse à profiter des avantages liés aux commerces en ligne. Il paraît évident que le marché belge est de plus en plus intéressant pour les entreprises et ce même pour les sociétés étrangères au regard du pourcentage d'achats effectués sur des sites hors Union Européenne.

Troisième partie

Externalités

Nous avons vu lors de la partie précédente que l'un des avantages perçus par le consommateur est le fait de ne pas devoir se déplacer. Pour ce faire, les magasins en ligne doivent mettre en place un service de livraison. Ces transporteurs, que ce soit en camion ou en camionnette, se déplacent sur nos routes. Cela amène différentes externalités qui seront analysées dans cette section. Chacune des externalités sera expliquée par rapport à ces deux types de transport. A la fin de cette section, une conclusion reprenant l'ensemble des externalités sera établie afin de mieux comprendre l'impact des poids lourds et des camionnettes sur nos routes et, surtout, si le e-commerce est négatif par rapport au transport.

5 Pollution de l'air

Le trafic routier est l'une des causes principales de la pollution de l'air. (Batterman, Ganguly & Harbin, 2015). Selon l'OCDE, cela représenterait en moyenne 50% de la pollution avec quelques variations suivant les régions. (OCDE, 2014). De nombreuses études ont été effectuées afin de déterminer son influence sur différentes maladies. (Atkinson, Analitis, Samoli, Fuller, Green, Mudway, Anderson & Kelly, 2016). Les véhicules rejettent dans l'atmosphère différents composants tels que :

1. Oxyde de nitrogène (NO)
2. Monoxyde de carbone (CO) : dérivé de la combustion incomplète du pétrole.
3. Composés organiques volatiles (VOC)
4. Particules fines (PM) : proviennent surtout des véhicules diesel.
5. Dioxyde de soufre (SO₂)
6. Ozone (O₃)
7. Cuivre (Cu)
8. Zinc (Zn) : indicateur de l'usure des pneus.
9. Aluminium (Al)

(Atkinson & Al., 2016). (Chen, Chen & Fan, 2018). (Batterman & Al., 2015).

Facteurs influençant la concentration de polluants

Chaque voiture émet en fonction de sa consommation et de son type de carburant. Mais, ce ne sont pas les seuls facteurs. Cette section décrit comment le milieu peut également avoir un effet. Premièrement, le type de route et son emplacement influencent ces émissions ainsi que leur propagation dans l'espace. La limite de vitesse et le nombre de feux ou de panneaux stops changent la manière de rouler et donc d'émission des polluants . Les bâtiments au bord de la voirie empêchent également les polluants de se propager dans l'espace, ils resteront donc plus concentrés à l'endroit de leur émission.

Il existe également un pic de pollution enregistré lors des heures de pointe bien que la moyenne annuelle est plus souvent utilisée pour les calculs de risques à long-terme comme pour les cancers. (Batterman & Al.,2015) En effet, à cette heure-là, la congestion devient plus dense. La vitesse est limitée mais surtout, les voitures sont obligées de freiner et redémarrer plus souvent qu'à la normale. De plus, la pollution ne vient pas seulement de la combustion produite dans le moteur mais aussi de l'usure des freins et des pneus. En effet, ces derniers émettent 60% en plus que les pots d'échappement. (Corroenne O., 2019). Cela représente 110 kilotonnes de particules chaque année en Europe dont 50 kilotonnes sont émises dans l'air. (Tallano, s.d.).

Les conditions météorologiques ont également une influence sur la densité de ces polluants dans l'air. Par exemple, selon une analyse faite à Shangai, la situation est la pire en hiver suivi du printemps, de l'automne et enfin, de l'été comme montré sur la figure 28 en annexe A. (Chen & Al., 2018). Le diagramme 4 à la page suivante nous montre que l'été est assez pluvieux tandis que l'hiver est la saison la plus sèche. En ce qui concerne les températures, il fait plus chaud en été avec la période la plus froide en hiver sans descendre dans les températures négatives. (Climate-data.org, s.d.).

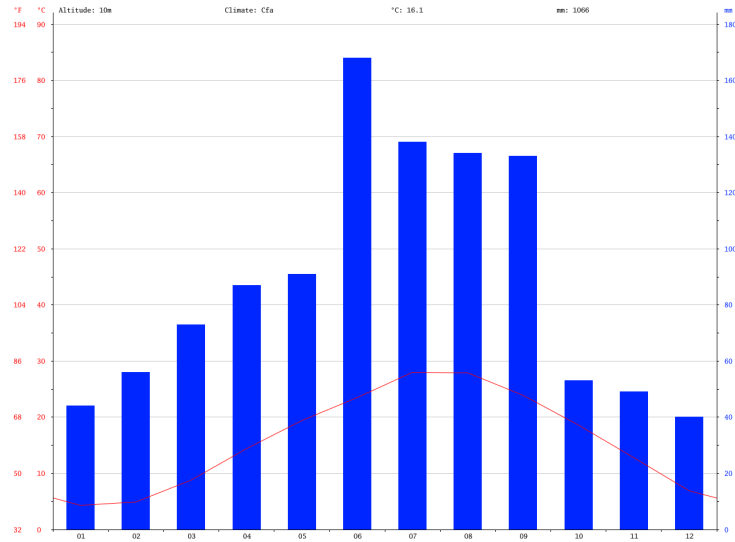


FIGURE 4: Diagramme climatique Shanghai. (Climate-data.org, s.d.).

Ces concentrations seront également plus fortes dans la direction vers laquelle le vent souffle. (Batterman & Al., 2015). Selon Energie Wallonie, les vents dominants en Belgique viennent du Sud-Ouest. (Energie Wallonie, 2018). Dans ce cas, les concentrations de ces polluants se retrouveront plus fortes au Nord-Est des routes. Il est à noter que, lors des changements de saisons, les vents sont souvent contraires. (Energie Wallonie, 2018). La concentration de polluants se trouvera donc accrue au Sud-ouest des routes.

Proportion des polluants dans l'air provenant du trafic routier

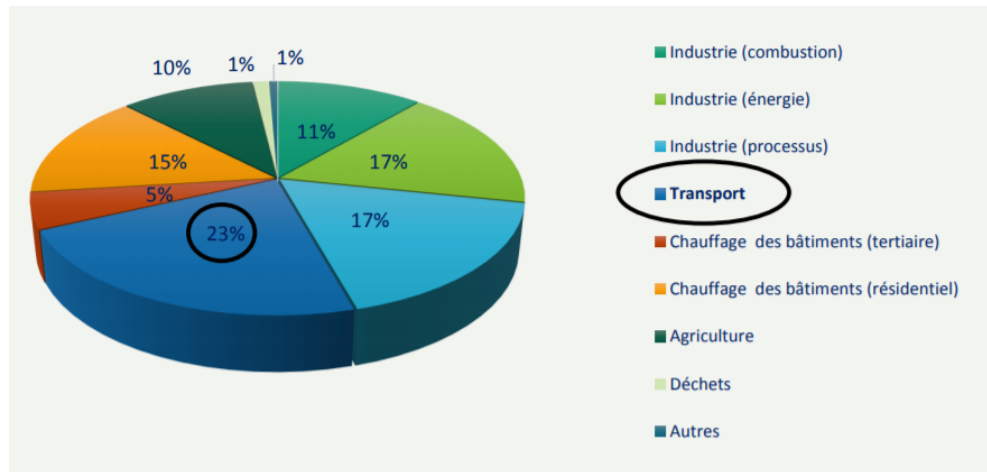


FIGURE 5: Proportion de CO₂ dans l'air en fonction des différentes sources en Belgique en 2017. (SPF Mobilité, 2018).

La figure 5 nous présente la part du transport dans l'émission du CO₂ en Belgique en 2016. Un peu moins de 1/4 provient du secteur du transport et représente la plus grosse source d'émission de CO₂. Il faut noter que l'ensemble des industries représentent 45% des émissions.

Selon une étude faite sur les routes à Détroit en 2010, la plus grande concentration de NO et PM se situe le long des grands routes avec une pointe aux carrefours de ces routes ayant beaucoup de trafic. Les camions diesel sont ceux qui émettent le plus de PM parmi toutes les classes de véhicules. La concentration de PM dans les quartiers résidentiels de cette ville est expliquée de 24% à 36% par le trafic routier.

En ce qui concerne les émissions de NO, les véhicules à essence sont autant pollueurs que les véhicules au diesel. Le trafic représente entre 45% et 48% du NO présent dans l'atmosphère à Détroit. (Batterman & Al., 2015). Cette même fourchette a été trouvée lors de l'étude à Londres en 2010 avec une moyenne de 47% comparé à seulement 16% liés au chauffage des bâtiments. De plus, la concentration en NO est fortement corrélée avec celle en CO. Elle l'est moins avec le Cu et le Zn et faiblement avec l'Al. (Atkinson & Al, 2016).

Nombre de décès liés à la pollution atmosphérique dû au trafic routier

Nous pouvons ensuite nous demander dans quelle mesure cette pollution entraîne des décès supplémentaires. Lors de l'étude menée à Londres en 2011-2012 sur la causalité entre la pollution de l'air causée par le trafic et la mortalité, les chercheurs ont trouvé qu'il existe un lien positif entre les décès liés à des problèmes respiratoires et une hausse du trafic routier. Ceci n'a pas pu être clairement démontré pour les causes de décès cardio-vasculaires. (Atkinson & Al, 2016).

La figure 6 ci-dessous montre la hausse (en %) de décès respiratoires à Londres deux jours après une hausse du trafic et des polluants liés présents dans l'air. Les composants EC et BC sont deux types de particules fines. Nous pouvons voir que la mortalité augmente surtout lors de la hausse de NO, CO et PM. De plus, la situation s'empire pour la période avril à septembre pour ces polluants-là. Ceci contredit la situation liée aux saisons à Shanghai. Nous pouvons expliquer cela par le fait que cette période est moins pluvieuse à Londres tandis que la période la moins pluvieuse à Shanghai est l'hiver. (Climat-Data.Org, 2019). La situation est inverse pour le Cu, Zn et Al. En annexe B, le tableau 29 représente les résultats, suite à une hausse de pollution, de variation de décès liées à des problèmes cardio-vasculaires ainsi que de la mortalité totale. (Atkinson & Al., 2016).

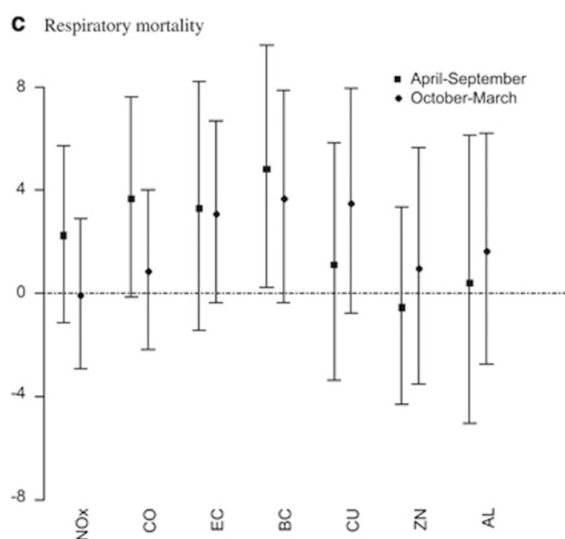


FIGURE 6: Variation de la mortalité respiratoire associée à chaque polluant à Londres (%). (Atkinson & Al., 2016).

Le nombre de décès prématurés dû à la pollution de l'air était estimé à 414 000 en 2010 en Europe. Ce nombre représente la moyenne calculée de toutes les recherches mentionnées dans le rapport. Sur la figure 8, nous pouvons voir le nombre de morts prématurés en Europe par PD. (PD : cases représentant $0.25^\circ \times 0.25^\circ$). (Atkinson & Al., 2016). En comparant celle-ci avec la densité de population par PD de la figure 7, nous pouvons voir que les zones plus peuplées sont également les zones recensant le plus grand nombre de ces décès bien que les zones rouges soient plus larges sur la figure 8 que sur la figure 7. La Belgique se situe dans une zone rouge assez foncée, donc de 200 à 250 morts par PD.

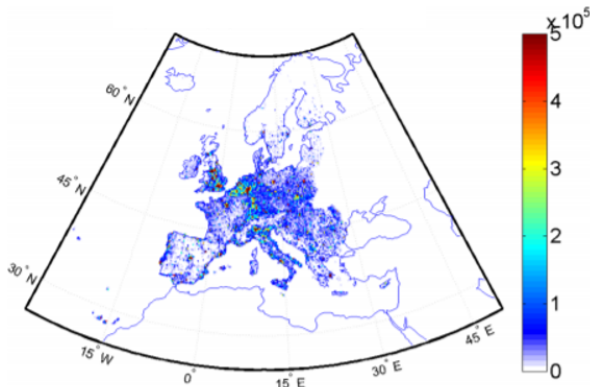


FIGURE 7: Densité de population en 2011. (Atkinson & al., 2016).

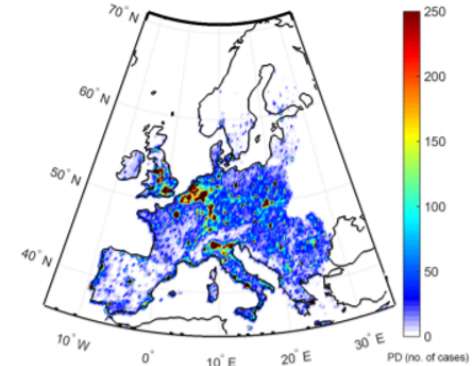


FIGURE 8: Morts prématurées dû à la pollution de l'air, 2010. (Atkinson & al., 2016).

La pollution émise dans une zone du monde peut également avoir un impact sur les décès prématurés dans une autre zone. Il est évidemment assez compliqué de déterminer quelle est cette proportion. Mondialement, en 2007, environ 12% seraient causés par l'émission de polluants dans une autre zone que celle de la personne décédée. De plus, 22% de ces décès seraient causés par la production de biens et services consommés dans une autre zone du monde que celle de sa création. Cela montre bien que la globalisation entraîne une séparation entre le lieu de pollution et de consommation. La production de biens en Europe de l'Ouest est la cause de 4,1% des décès prématurés aux Etats-Unis dûs à la pollution de l'air. (Zhang & Al., 2017). Si les émissions mondiales étaient réduites de 20%, le nombre de décès prématurés serait réduit de 54 000, soit une réduction de 13%. Si cette même réduction de 20% ne s'opère qu'au sein des sources polluantes européennes, seulement 47 000 personnes seraient sauvées, soit 11,35%. En ce qui concerne les morts liés à la concentration en ozone, il a même été montré que sa réduction aurait un plus grand impact en dehors de sa zone d'émission. (Im, Brandt, Geels, Hansen & al, 2018).

Ce chiffre risque de doubler d'ici 2050 selon un modèle statu-quo de référence et pourrait même sextupler en 2100. (Im & al., 2018). Entre 2005 et 2010, une hausse de 4% a été remarquée mondialement malgré une baisse de même valeur absolue dans les pays de l'OCDE. (OCDE, 2014).

Coût économique des décès prématurés

Avec une idée de combien de personnes du nombre de décès prématurés suite à la pollution de l'air émise par le trafic routier, il peut être intéressant de trouver quel est le coût économique de ces vies écourtées.

La valeur économique de ces décès est estimée à 300 milliards d'euros selon Im & al.. Si l'on considère que 414 000 vies valent 300 milliards d'euros, en réduisant de 20% les émissions mondiales, cela équivaut à 39 milliards d'euros. Dans le cas d'une réduction seulement européenne, 34 milliards d'euros.

Selon une étude publiée en 2014 par l'OCDE sur le coût de la pollution de l'air provoquée uniquement par le transport routier, le nombre de décès a diminué entre 2005 et 2010 en Belgique. En effet, en 2005, 6341 personnes étaient décédées prématurément à cause de la pollution atmosphérique. En 2010, ce chiffre avait diminué à 5811. Pourtant, le coût économique total a augmenté. Le coût d'une vie est passée de 3,2 à 3,5 millions USD. Cette augmentation peut être expliquée, entre autres, par l'inflation, la hausse des salaires et des soins. L'annexe C reprend le tableau 30 avec ces valeurs ainsi que celles pour tous les pays de l'OCDE. Nous pouvons y voir une réduction du nombre de décès dans presque tous les pays grâce aux dispositifs antipollutions installés sur les véhicules mais cela ne montre en rien une réduction du trafic routier. En Chine et en Inde, au contraire, le nombre de décès a augmenté. En effet, la mise en place des dispositifs n'a pas suffi à compenser la croissance du trafic. (OCDE, 2014).

Une autre étude réalisée en 2010 par 9 pays européens avait pour but d'évaluer la valeur d'une année de vie humaine. Ils sont arrivés à une valeur moyenne de 40 000€/an. Selon ces scientifiques, la valeur d'une année de vie humaine est comprise entre 25 000€ et 100 000€. Le but de cette recherche est d'avoir une valeur à utiliser dans le calcul du coût-bénéfice dans le cadre de politiques liées à la diminution de la pollution de l'air. Afin de déterminer cette valeur, les personnes interrogées devaient donner leur volonté à payer (WTP) pour gagner 3 et 6 mois de vie. En annexe D, vous trouverez tous les tableaux avec les réponses de cette enquête. (Desaigues B. & al., 2011).

WTP en Belgique

Lors de cette étude, la Belgique n'était pas représentée. De plus, cette enquête date de 9 ans. Nous pouvons donc supposer que ces conclusions pourraient avoir changées. Nous avons décidé d'interroger des Belges francophones de 21 à 65 ans en leur posant les mêmes questions. Lors de l'étude réalisée en 2010, l'âge des répondants se situait entre 20 et 70 ans. L'intervalle est similaire. L'ensemble des réponses obtenues se trouve en annexe E.

Le nombre total de répondants est de 135 personnes. Ce nombre est semblable à celui pour les autres pays de l'étude. En effet, chaque pays avait obtenu entre 100 et 300 répondants avec une moyenne de 163. Il est à noter que 4 des 9 pays avaient obtenu moins de réponses. De plus, l'Allemagne ayant une population plus grande, il est normal qu'elle obtienne plus de réponses.

La moyenne d'âge de l'échantillon est de 36,3 ans. En Belgique, l'âge moyen est de 40,84. (StatBel, 2016). Il est évident que la moyenne obtenue est différente étant donné qu'une partie de la population n'est plus représentée.

Sur l'échantillon, nous avons obtenu 68 réponses de femmes contre 67 d'hommes. Cela représente 50,37% de femmes. En Belgique, la population féminine est de 5.778.164 personnes pour un total de 11.376.070 habitants, soit 50,7% de femmes. (StatBel, 2019).

La première question était de savoir si les répondants sont conscients que leur manière de consommer a un impact sur la pollution de l'air. Ils pouvaient répondre oui (107), non (2) ou oui mais je n'y pense pas (26). La figure 9 ci-dessous représente les réponses obtenues. Nous pouvons voir que pratiquement personne n'en est pas, au moins, conscient.

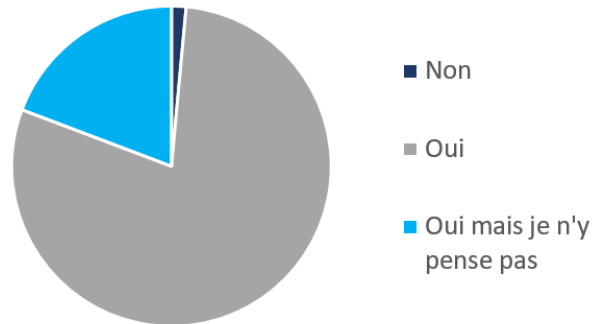


FIGURE 9: Conscience de l'impact de la manière de consommer sur la pollution de l'air

La deuxième question constituait en "Êtes-vous disposé à accepter une augmentation du coût de la vie afin d'augmenter votre espérance de vie ?" avec les propositions suivantes :

1. Oui
2. Non, ce n'est pas possible d'augmenter l'espérance de vie en payant plus
3. Non, contrainte budgétaire
4. Non, je ne suis pas intéressé(e) par vivre plus longtemps
5. Non, quelqu'un d'autre devrait payer (entreprises par exemple)
6. Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas
7. Non, je suis seulement intéressé(e) par la diminution de la pollution
8. Non, pas de raison spécifique

La figure 10 à la page suivante présente les résultats obtenus à cette question. Nous pouvons voir que pour 33 personnes, ce n'est pas possible ou ce n'est pas à eux de payer. Pour eux, le questionnaire s'arrête là et ils ne seront pas pris en compte pour le calcul du coût économique. Cela représente tout de même 24,44%. Pour 31,11%, augmenter le coût de la vie pour augmenter son espérance de vie est tout à fait acceptable.

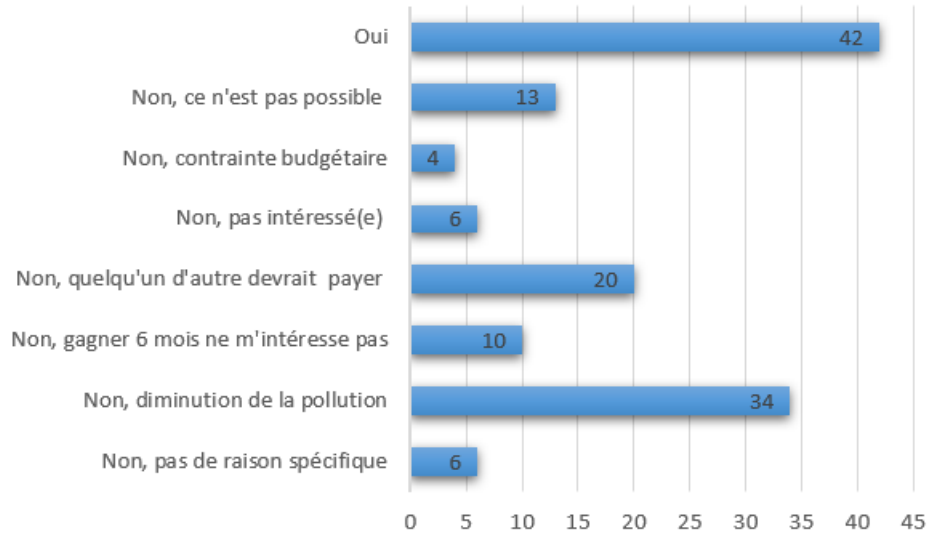


FIGURE 10: Augmentation du coût de la vie pour augmenter l'espérance de vie

Ensuite, chaque personne devait dire combien elle serait prête à payer en plus afin d'augmenter son espérance de vie de 6 mois (en €/par mois). Grâce à ces réponses, le calcul de la valeur d'une année de vie a pu être effectué. La formule utilisée est la suivante :

$$COUT = (WTP * 12) * 2 * (LE - \hat{age}_{moyen}) \quad (1)$$

Où WTP est la réponse moyenne donnée et LE l'espérance de vie en Belgique en 2017, soit 81.4 ans. (StatBel, 2018). Ce premier calcul permet d'avoir une idée approximative. En effet, l'espérance de vie est différente en fonction du sexe et de l'âge de la personne. En enlevant ceux non pris en compte pour le calcul comme expliqué précédemment ainsi que ceux qui n'ont pas donné de réponse chiffrée (par exemple "pas de prix défini"), nous arrivons à 97 réponses. La moyenne d'âge de cette partie de l'échantillon est de 36,88 ans. En moyenne, les personnes étaient prêtes à payer 41,87€/mois pour gagner 6 mois d'espérance de vie.

$$COUT = (41,87 * 12) * 2 * (81,4 - 36,88) = 44.737,26 \quad (2)$$

Nous arrivons à une valeur moyenne supérieure à 40 000€, valeur trouvée lors de l'enquête faite en 2010 mais toujours dans l'intervalle de 25 000€ à 100 000 €. Un autre calcul, plus précis, a également été réalisé. La formule est la suivante :

$$COUT = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (WTP_i * 12) * 2 * (LE_i - Age_i) = 44.013,45 \quad (3)$$

La partie $LE_i - AGE_i$ a été remplacée par l'espérance de vie en 2017 de la table de mortalité de 2017 fournie par StatBel. En faisant ce calcul pour chaque individu, nous obtenons une valeur de 44.013,45€, proche de la précédente.

Conclusion

Cette section a analysé l'impact du trafic routier sur la pollution de l'air. Nous avons observé que celui-ci représente de 25% à 50% des émissions en fonction des différents polluants. Nous avons également vu qu'actuellement, en Europe, près d'un demi million de personnes meurent prématurément à cause de la pollution de l'air. La dernière partie avait pour but de donner une valeur économique à ces vies . Au vu de ces chiffres et de l'analyse effectuée dans cette section, il est évident qu'il est primordial de continuer les efforts afin de diminuer ces décès.

Premièrement, d'un point de vue individuel, pour le principe même du décès. En effet, chacun veut vivre dans un environnement favorisant sa santé ainsi que celle de ses proches. Secondement, d'un point de vue sociétal, ces décès représentent un coût marginal qui augmente. Diminuer ce coût unitaire semble compliqué puisqu'il suit l'inflation ainsi que le prix des soins de santé. Il faut donc jouer sur l'autre facteur du calcul qui est le nombre de décès.

En analysant le tableau 1, nous pouvons déjà remarqué une grande différence entre toutes les études présentes dans la littérature scientifique. Il semble clair que si, mondialement, la situation continue à évoluer de la même manière, le nombre de décès prématurés liés à la pollution de l'air augmentera ainsi que son coût économique. Il semble plus que possible d'arriver à 1 million par an en 2100. Cela représente plus du double du nombre actuel. Le coût total évoluerait également de la même manière en supposant que le coût d'une vie reste stable en 80 ans. En effet, si celui-ci venait à augmenter, le coût économique exploserait.

Ce calcul de coût ne reprend pas en compte la valeur de 44.013,45€ qui représente la valeur d'une année de vie humaine. Cependant, grâce à cette somme, nous avons pu estimer le nombre total d'années perdues. En effet, en prenant le coût supposé des décès prématurés en 2010 (300 mds) et en le divisant par le WTP obtenu, nous arrivons au nombre total d'années perdues. Ensuite, en prenant ce nombre et en le divisant par le nombre de décès prématurés (414 000), nous pouvons calculer le nombre d'années perdues, en moyenne, pour chacune de ces personnes. Pour chaque situation du tableau 1, nous arrivons à un résultat semblable qui vaut, en moyenne, 16.47 ans. Nous pouvons donc conclure que chaque personne décédée prématurément des suites de l'exposition à de la pollution de l'air, en Europe, a perdu 16.47 années de vie.

	Décès prématurés	Coût (€)	Années perdues
2010	414 000	300 mds	6 816 098
-20% Monde	360 000	261 mds	5 930 005
-20% Europe	367 000	266 mds	6 042 471
2050(+4%/5ans)	566 588	411 mds	9 328 301
2050	828 000	600 mds	13 632 197
2100(+4%/5ans)	838 688	608 mds	13 808 164
2100	2 484 000	1800 mds	40 896 590

TABLE 1: Coût des décès prématurés liés à la pollution atmosphérique en Europe

6 Congestion

Un autre problème lié au transport est la congestion routière. Selon le Larousse, la congestion est "*État d'un lieu de passage, d'un réseau qui est fortement encombré.*" Cela entraîne du retard puisque le temps de parcours augmente. Nous avons également vu au point précédent que cela augmente la pollution de l'air à cause du freinage plus présent.

Le problème de la congestion peut être vu comme la tragédie des communs décrites par Hardin en 1968. L'exemple qu'il donne pour expliquer ce principe est celui d'un pâturage partagé par tous les bergers du village. Chaque berger va essayer de maximiser son gain individuellement. Chaque animal supplémentaire qu'il place sur le pâturage lui procure un gain de +1. Cependant, dès qu'un berger met un nouvel animal dans le pré, chaque berger reçoit une pénalité d'une fraction de -1 due à la sur-utilisation du pâturage.

Chaque berger va donc vouloir mettre un maximum de bêtes dans le pré afin de maximiser son profit sans penser aux conséquences de la pénalité. (Hardin, 1968).

Nous pouvons faire l'analogie avec le trafic routier. Chaque personne a le droit de monter sur une route. Lorsqu'elle choisit de la prendre ou pas, elle évalue en fonction du trafic actuel. Si elle pense que le temps que ça lui prendra pour se rendre à destination est plus court en empruntant ce chemin, elle choisira cette route-là. Cependant, les personnes ne pensent pas au fait qu'en prenant cette route, ils augmenteront le trafic et ralentiront celui-ci.

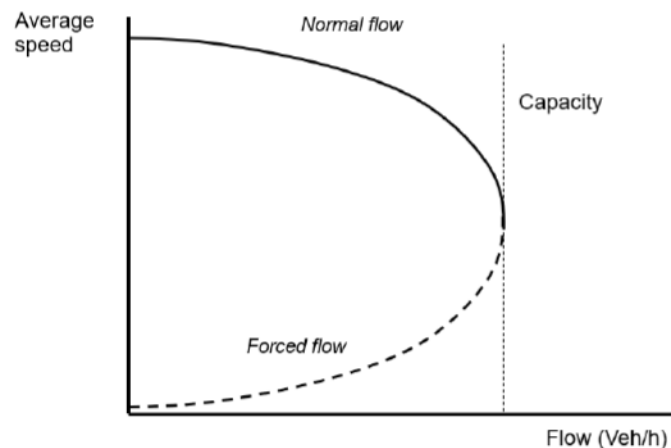


FIGURE 11: Influence du flux routier sur la vitesse moyenne.(Jourquin B., 2017).

Sur la figure 11 à la page précédente, nous pouvons voir que la vitesse diminue avec la hausse du flux dans un flux dit "normal", c'est-à-dire inférieur à la capacité maximale. Au-delà, c'est un flux forcé et un embouteillage se crée. Le flux va diminuer ainsi que la vitesse moyenne jusqu'à atteindre 0km/h. En effet, le nombre de véhicules sortant de ce tronçon de route diminue puisque les voitures roulent moins vite. La limite de cette situation est l'arrêt total des voitures.

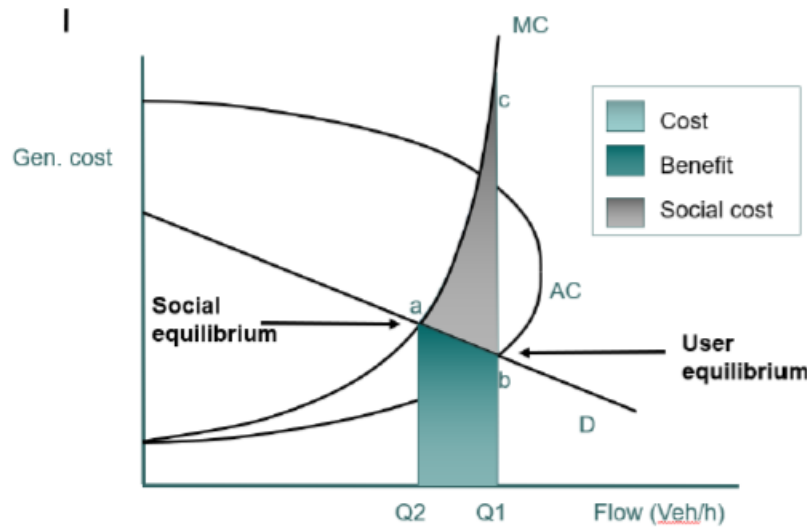


FIGURE 12: Optimum social vs optimum du conducteur.(Jourquin B., 2017).

La figure 12 ci-dessus, explique cette différence de perception entre le nouvel arrivant sur la voirie et l'optimum social. Le point $Q1$ est le flux observé par le conducteur tandis que $Q2$ est le flux réel, en tenant compte de l'impact de ce conducteur. La courbe AC est celle du coût moyen, semblable à la vitesse moyenne comme décrite à la figure 11. Le conducteur, en empruntant ce tronçon de route, calculera son coût en fonction de AC alors que son coût réel doit être calculé en fonction de MC, le coût marginal.

Nous pouvons observer premièrement le coût $acQ1Q2$ supporté par le conducteur à cause de cette différence de perception. Cependant, $abQ1Q2$ est le bénéfice apporté grâce au fait qu'une personne de plus peut se déplacer. La différence acb entre les deux est le coût social, supporté par tous et subi par la perte de vitesse moyenne pour tous les usagers.

La situation en Belgique

Le parc automobile belge comptait 5 853 782 véhicules de particuliers au 1er août 2018. Cela représente une hausse de 1,2% par rapport à l'année précédente. De plus, le nombre d'habitants par véhicule diminue. On passe de 1,96 en 2017 à 1,94. Sur la figure 13, nous observons l'évolution du nombre de véhicules de chaque type. En 2018, au total, 7.533.172 véhicules étaient immatriculés en Belgique. Ce nombre est en augmentation depuis 2014 et ce pour chaque type. (Statbel, 2018).

Au 1 août	2014	2015	2016	2017	2018
Parc de véhicules au 1 août (y compris motocyclettes)	7.076.238	7.175.062	7.301.766	7.419.405	7.533.172
Voitures particulières	5.555.499	5.623.579	5.712.061	5.785.447	5.853.782
Autobus et autocars	15.976	16.094	16.040	16.062	16.125
Véhicules utilitaires pour le transport de marchandises (a)	752.266	770.508	796.930	826.742	856.096
Tracteurs (b)	44.693	44.851	45.749	47.478	50.230
Tracteurs agricoles	184.722	186.334	188.122	189.938	192.187
Véhicules spéciaux (d)	66.570	67.910	69.538	71.754	74.257
Motocyclettes (c)	456.512	465.786	473.326	481.984	490.495

FIGURE 13: Parc de véhicules immatriculés en Belgique au 1er août 2018. (Statbel, 2018).

Seul le nombre de véhicules immatriculés dans le pays n'est pas suffisant pour avoir une idée de la congestion d'un pays. En effet, tout le monde n'utilise pas son véhicule dans la même proportion. Nous devons donc voir le nombre de kilomètres effectués en moyenne par un véhicule en une année. Si nous multiplions ce chiffre par le nombre de véhicules immatriculés en Belgique, nous connaissons le nombre de kilomètres effectués par an par les véhicules belges. Il faut cependant noter que ce nombre ne prend pas en compte les véhicules immatriculés à l'étranger qui roulent sur nos routes ainsi que, la situation inverse, des véhicules belges circulant sur des voiries étrangères.

Belgique	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
nombre de voitures	5.042.095	5.123.972	5.191.714	5.275.610	5.406.362	5.440.754	5.504.809	5.572.573	5.661.742	5.730.974	5.798.627
km/an par voiture	15.741	15.690	15.867	15.649	15.489	15.311	15.286	15.096	15.151	14.999	14.770
km total voitures (milliards)	79,368	80,395	82,377	82,559	83,737	83,301	83,089	82,928	84,225	84,306	84,095
nombre de véhicules utilitaires légers	537.640	557.457	572.074	586.889	610.315	622.290	641.224	657.398	680.834	709.836	741.015
km/an par véhicule utilitaire léger	19.869	18.842	18.223	18.163	17.576	17.600	16.812	16.848	16.865	16.974	16.798
km total véh. utilitaires légers (milliards)	10,682	10,504	10,425	10,660	10,727	10,953	10,753	11,109	11,456	11,976	12,407
nombre de camions	106.108	106.141	105.372	111.209	111.249	109.963	108.780	108.013	107.514	103.916	103.131
km/an par camion	24.115	23.088	22.494	22.654	22.054	21.757	20.746	20.445	20.383	20.178	19.932
km total camions (milliards)	2,559	2,451	2,370	2,519	2,453	2,392	2,278	2,222	2,206	2,111	2,061
nombre de tracteurs de semi-remorque	48.040	49.088	47.408	46.663	46.816	45.999	47.978	48.410	49.741	46.006	48.308
km/an par tracteur de semi-remorque	81.013	72.687	68.582	71.955	69.501	67.472	66.917	66.602	66.698	63.305	63.323
km total tracteurs de semi-remorque (milliards)	3,892	3,568	3,251	3,358	3,254	3,104	3,232	3,286	3,339	2,955	3,080
nombre de autobus et autocars	15.466	15.977	16.059	16.224	16.089	15.984	16.261	16.767	17.064	15.967	15.984
km/an par autobus ou autocar	40.052	39.337	39.364	38.573	39.454	39.903	39.236	38.505	38.846	38.271	38.133
km total autobus et autocars (milliards)	0,619	0,628	0,632	0,626	0,635	0,638	0,633	0,646	0,659	0,614	0,614

En 2016, un grand nombre de plaques de transit ont été radiées. La comparaison avec les années précédentes peut mener à des incohérences.

FIGURE 14: Nombre de véhicules-kilomètres sur autoroute. (SPF Mobilité et Transports, 2018).

La figure 14 ci-dessus montre l'évolution du nombre de kilomètres parcourus pour chaque type de véhicules. (SPF Mobilité et Transports, 2018). Nous pouvons voir que la distance parcourue totale augmente pour les voitures. Nous pouvons également observer qu'en moyenne, en 2017, une voiture aura parcouru 14,77 millions de kilomètres contre 15,096 en 2014. Ceci montre que, les gens utilisent moins chaque voiture mais cela ne compense pas la hausse du parc automobile belge.

En moyenne, un conducteur belge roulera 3% de plus en une année qu'un conducteur français ou néerlandais mais 4% de moins qu'un conducteur allemand. (SPF Mobilité et Transports, 2018).

De plus, nous constatons que le nombre de kilomètres parcourus augmente de plus de 16% pour les camionnettes entre 2014 et 2017 tandis qu'il diminue de plus de 19% pour les poids-lourds. Depuis 2003, première année avec des données pour les véhicules utilitaires légers, un glissement énorme entre les deux types de véhicules se fait observer : +45% pour les utilitaires légers et -31% pour les camions.

Deux causes sont mises en avant. D'une part, l'augmentation de poids-lourds immatriculés à l'étranger. (SPF Mobilité et Transports, 2018). En effet, en 2004, 10 pays rejoignent l'Union Européenne (UE). (Europa, 2019). Parmi ces pays, la Pologne est le pays apportant la plus grande concurrence à nos transporteurs nationaux. 5000 emplois dans le secteur du transport en Belgique ont été perdus suite à l'élargissement de l'UE en 2004. (FEBETRA, 2014). Nous pouvons donc penser que le nombre de camions sur nos routes n'a pas spécialement diminué mais a été remplacé par des poids-lourds étrangers.

D'autre part, l'avancée de nouvelles formes de commerce tel que le e-commerce est mis en cause. En effet, il privilégie la livraison par camionnette dû au volume plus petit. (SPF Mobilité et Transports, 2018).

En annexe F, la figure 37 présente le nombre de kilomètres parcourus en 2017 pour chaque type de véhicules de manière plus précise. (SPF Mobilité et Transports, 2018).

Conclusion

Dans cette section, nous avons analysé la problématique de la congestion. Nous avons commencé par une explication de ce phénomène et de la différence entre la perception d'un nouvel arrivant sur un tronçon de voirie et son impact réel sur la vitesse moyenne de tous les utilisateurs, lui y compris.

Ensuite, nous avons fait un état des lieux de l'évolution du parc automobile belge pour chaque type de véhicules. Le nombre de voitures diminue même si la distance parcourue augmente. Pour les camions, ces deux facteurs diminuent mais ils sont, en partie, compensés par les routiers étrangers. Enfin, les camionnettes sont en plein essor depuis 2003. Ceci est justifié par la hausse du e-commerce.

7 Bruit

Cette section est dédiée aux impacts des nuisances sonores sur la santé. Elle commence par une explication des cartes de bruits créées pour le trafic routier ainsi que les constatations que nous pouvons en tirer pour la ville de Bruxelles. Ensuite, nous discuterons des différents risques liés à la nuisance sonore et ce en fonction du niveau d'exposition.

Cartes de bruits

Afin de mesurer le niveau sonore produit par le trafic routier, il existe différentes cartes "bruits" représentant le niveau sonore moyen sur l'année dans différentes zones. Celles-ci ont été réalisées, entre autres, en 2006 pour la Wallonie, la Flandre et Bruxelles et se trouvent en annexe G. Il est clair que les zones subissant le plus de bruits liés au transport se situent le long des autoroutes. Un véhicule produit deux types de bruit : celui causé par le roulement de la voiture sur la chaussée et celui causé par le moteur. (Jacquesson, 2017). La gêne engendrée est définie, selon l'OMS comme « *la sensation de désagrément, de déplaisir provoquée par un facteur de l'environnement dont l'individu ou le groupe connaît – ou imagine – le pouvoir d'affecter sa santé.* ». Évidemment, celle-ci reste subjective pour tous et dépend d'autres facteurs que le niveau sonore comme l'âge, les antécédents de l'individu exposé au bruit, la personne produisant ce bruit, l'aspect répétitif ou imprévu,... (Portail Environnement-Santé de la Wallonie, s.d.).

Il existe deux types de cartes sonores : L_{den} et L_{night} . Celles en annexes sont de types L_{den} . Celles-ci prennent en compte le niveau sonore moyen de toute journée, majoré d'une correction de 5dB(A) pour la soirée (Evening de 19 à 23 heures) et de 10 dB(A) pour la nuit (L_{night} de 23 à 7 heures). La formule 4 appliquée est la suivante :

$$L_{den} = 10 * \log \frac{1}{24} * (12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night}+10}{10}}) \quad (4)$$

En effet, un même bruit n'occasionne pas la même gêne le soir ou la nuit. (Portail Wallonie, s.d.). De plus, il est bénéfique pour la santé de pouvoir avoir des moments plus calmes lors de ces périodes de la journée afin de pouvoir se reposer. (Bruxelles Environnement, 2016). L'autre type, Lnight représente uniquement le niveau sonore moyen durant la nuit, sans aucune correction. Une modélisation acoustique a été réalisée suivie de calculs intégrant la connaissance de la puissance sonore de chaque source. Afin de connaître l'étendue de ces nuisances, les lois de propagation ont été appliquées. De plus, des mesures ponctuelles ont été effectuées afin de vérifier la fiabilité des données et de ce fait, le modèle. (Portail Wallonie, s.d.). Il faut noter que les calculs ont été effectués en fonction de la vitesse limite légale de la voirie. (Bruxelles Environnement, 2010).

Ces cartes ont également été réalisées pour la nuisance produite par les trains et par les avions. Dans le cadre de ce mémoire qui se focalise sur le transport routier, celles-ci sont moins intéressantes à analyser. Il est quand même important de noter que la source principale de bruit est, globalement, le trafic routier sauf près des aéroports ou grandes gares. (Bruxelles Environnement, 2016). Pourtant, du fait de la subjectivité de la gêne, les personnes diront souvent que le bruit causé par l'aérien est plus nuisible que le trafic routier face à une exposition à des niveaux relativement identiques.

L'échelle des décibels décrit l'intensité du bruit et est logarithmique. De ce fait, 3 décibels supplémentaires indiquent un doublement du niveau sonore. Le seuil pour les bruits causant une gêne est à 85dB(A). (Portail Environnement-Santé de la Wallonie, s.d.). L'OMS a, quant à elle, décrété que ce seuil devrait se trouver à 55dB(A), un niveau maximal à ne pas dépasser. (Bruxelles Environnement, 2010). Pour la nuit, ce seuil est abaissé à 40dB(A). Le bruit devient dangereux à partir de 105 dB(A) et douloureux à partir de 115 dB(A). (Portail Environnement-Santé de la Wallonie, s.d.). En annexe H, la figure 41 reprend les différentes valeurs décibels avec son correspondant en bruit de la vie de tous les jours afin de mieux comprendre et visualiser les différents seuils dont je parle dans cette partie. (Journée Nationale de l'Audition, s.d.).

D'après l'analyse effectuée à Bruxelles selon les différentes sources sonores (routier, ferroviaire et aérien), 81% des personnes supportent des nuisances supérieures à 45 db(A) donc le triple du seuil maximal recommandé pour la nuit (carte Lnight). (Bruxelles Environnement, 2016). Cela correspond au bruit produit par une machine à laver en marche. (Journée Nationale de l'Audition, s.d.). De plus, 72% de la population subit, en moyenne sur la journée, un niveau supérieur à 55 db(A), ce qui correspond à un bruit de conversation

courante. (Bruxelles Environnement, 2016). Ces données ont été calculées en fonction de l'exposition des façades des bâtiments. De ce fait, ces chiffres sont surestimés puisqu'ils ne prennent pas en compte l'isolation sonore intérieure des bâtiments. La figure 15 à la page suivante, reprend le nombre d'habitants de Bruxelles soumis à chaque niveau de dB(A) pour la carte Lden. (Bruxelles Environnement, 2010).

L _d		
Niveaux sonores Geluids niveaus	Nombre d'habitants Aantal inwoners	% de population % van de bevolking
< 45 dB(A)	216700	22%
45 - 50 dB(A)	207300	21%
50 - 55 dB(A)	184300	19%
55 - 60 dB(A)	168600	17%
60 - 65 dB(A)	134900	14%
65 - 70 dB(A)	66100	7%
70 - 75 dB(A)	13700	1%
> 75 dB(A)	800	0%

FIGURE 15: Exposition pour chaque niveau sonore des habitants de Bruxelles en 2006. (Bruxelles Environnement, 2010).

Risques

Nous pouvons nous demander quels sont les risques d'être exposé ainsi à des nuisances sonores. Dans l'enquête que nous avons réalisée, nous avons également demandé aux personnes s'ils se rendaient compte que les nuisances sonores avaient un effet néfaste sur leur santé. Le graphique 16 représente leurs réponses. Nous constatons que 18,5% des répondants ne se rendent pas compte que le bruit a un impact sur la santé.

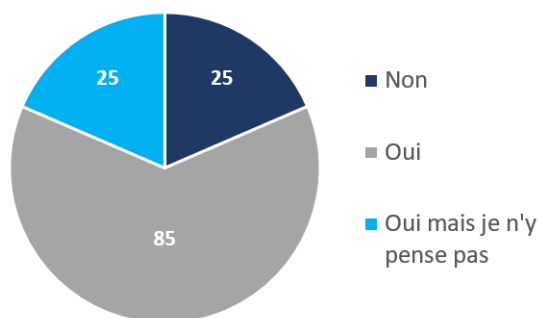


FIGURE 16: Conscience de l'impact des nuisances sonores sur la santé

Les risques sont de trois types :

1. Auditifs : destruction irréversible de cellules de l'oreille interne provoquant une perte d'audition.
2. Non auditifs : problèmes cardio-vasculaires, troubles du sommeil, troubles de l'attention, etc.
3. Gêne

(Catherine Bouland & Al., 2018).

L'OMS demande un seuil maximal de 55dB sachant que l'oreille interne peut se détruire à partir de 85dB. De plus, si l'exposition est de longue durée, son impact sera d'autant plus grand. (Lobet B., 2019). En Norvège, il a été constaté une perte d'audition de 20dB pour 30% des jeunes hommes de 16 à 18 ans. En l'Europe, 10% des moins de 25 ans souffrent déjà d'une perte d'audition et 90% ont déjà subi un acouphène léger suite à une forte exposition au bruit. (Catherine Bouland & Al., 2018). Dans le cas d'une personne enceinte, cela peut également avoir des effets sur l'audition de l'enfant. En effet, celui-ci est sensible au bruit auquel il est exposé, surtout durant les trois derniers mois de la grossesse. (INRS, s.d.).

Mais la perte d'audition n'est pas le seul problème causé par les nuisances sonores. Une exposition à plus de 50dB durant la journée pendant une période de 20 ans augmente le risque d'AVC de 40%. (Bruxelles Environnement, 2010). Ce risque dépend également du caractère prévisible ou non du bruit ainsi qu'au niveau de stress général de la personne. (INRS, s.d.). Pour les personnes âgées, le risque d'infarctus augmente également. (Lobet B., 2019). Les compétences cognitives sont également affectées au-delà de 55 dB. (INRS, s.d.). Enfin, il semblerait que les troubles mentaux comme la dépression et l'anxiété soient intensifiés par les nuisances sonores. (Catherine Bouland & Al., 2018).

Si le seuil maximal pour la nuit est plus faible c'est parce que les nuisances sonores ont un impact sur la qualité du sommeil. (Lobet B., 2019). En effet, suite à une exposition à un bruit de plus de 85dB pendant 12h, il est constaté une réduction du nombre et de la durée des cycles de sommeil. (INRS, s.d.) En dormant moins bien, nous développons des problèmes de concentration et de mémoire. Cela est même encore plus fort chez les enfants. (Lobet B., 2019). Des troubles hormonaux sont également détectés suite à des expositions nocturnes. (Catherine Bouland & Al., 2018).

8 Accidents

La quatrième externalité liée au transport est les accidents. Dans l’imaginaire populaire, les camions sont dangereux et responsables de la plupart des accidents. Le but de cette section est de voir dans quelle mesure les camions et camionnettes sont impliqués dans les accidents, mortels et non-mortels.

Pour commencer, nous pouvons reprendre les données du baromètre de la sécurité routière 2018, rapport réalisé par l’Institut Belge pour la Sécurité Routière (IBSR) grâce aux procès-verbaux que la police fédérale a dû dresser lorsqu’elle a été appelée sur les lieux d’un accident. De ce fait, les données ne sont pas complètes. En effet, lors de simples accrochages où les personnes s’arrangent à l’amiable, la police n’est pas tenue au courant de l’existence de cet accident. De plus, l’état des victimes peut évoluer après le procès-verbal. Ce rapport comprend les données à la date du 12 mars 2019 et peut donc avoir légèrement changé depuis.

Premièrement, il est constaté que le nombre de morts sur les lieux de l’accident a diminué par rapport à l’année précédente tandis que le nombre d’accidents corporels (blessés ou tués suite à l’accident) augmente de 1,1%. Le tableau 17 ci-dessous, reprend l’évolution, entre 2017 et 2018, du nombre d’accidents corporels et de tués sur place par types d’usagers en Belgique. Il faut noter que, dans le cas d’accidents impliquant des camionnettes ou des poids lourds, le nombre de victimes sera imputé à ce type-là même si la personne ne se trouvait pas dans ce véhicule-là.

	Accidents corporels				Tués sur place		
	2017	2018	Évolution 2017-2018 #	Évolution 2017-2018 %	2017	2018	Évolution 2017-2018 #
Piétons	4.666	4.610	-56	-1,2%	62	51	-11
Cyclistes	9.136	9.955	+819	+9,0%	40	44	+4
Cyclomotoristes	3.147	3.327	+180	+5,7%	16	13	-3
Motocyclistes	2.967	3.091	+124	+4,2%	64	71	+7
Voitures	30.375	30.207	-168	-0,6%	243	216	-27
Camionnettes*	3.442	3.482	+40	+1,2%	60	49	-11
Poids lourds*	2.138	2.023	-115	-5,4%	96	92	-4
Belgique	37.798	38.197	+399	+1,1%	475	440	-35

FIGURE 17: Evolution du nombre d’accidents corporels et de tués sur place par types d’usagers en Belgique. (VIAS, 2018).

Nous constatons, sur le tableau 17, que ces chiffres sont en baisses pour les camions. Pour les camionnettes, le nombre d'accidents corporels a augmenté lors de l'année précédentes mais le nombre de tués sur place a diminué d'un peu plus de 4%.

De plus, ces chiffres ne cessent de diminuer de manière générale pour ces deux types de moyens de transport comme illustrer sur les graphiques 18 et 19.

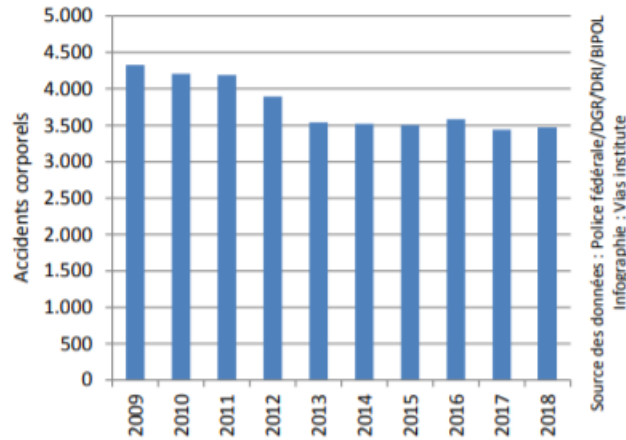


FIGURE 18: Evolution du nombre d'accidents corporels impliquant une camionnette en Belgique. (VIAS,2018).

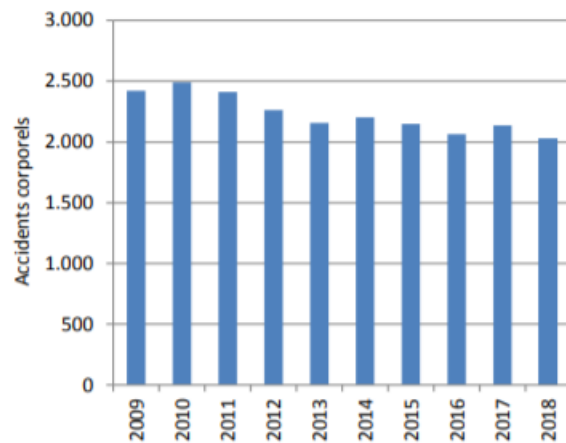


FIGURE 19: Evolution du nombre d'accidents corporels impliquant une camionnette en Belgique. (VIAS,2018).

Cependant, selon une étude effectuée en 2014 par l'IBSR sur les accidents impliquant des camions, les cas de décès sont plus courant lors d'un accident avec un poids-lourd. Pour l'année 2013, 12 personnes étaient décédées des suites d'un accident comprenant un poids-lourd par milliard de kilomètres parcourus tandis que ce nombre est de seulement 7 par milliards de kilomètres parcourus pour les autres types de transport. Il faut également noter que le conducteur du poids-lourd est très rarement blessé. (VIAS, 2014)

Afin d'espérer diminuer le nombre d'accidents, il est intéressant d'en trouver les causes et celles-ci sont multiples. Selon la Fédération Inter Environnement Wallonie (IEW), les camions seraient responsables de près de 20% des accidents à issue fatale. Une des cause principale est la surcharge du camion. Le poids lourd devient donc instable et freine de manière moins efficace. Pour l'ISBR, dans son rapport de 2014 sur les accidents impliquant des camions, les causes sont plus vastes et se regroupent en 3 catégories : le comportement (points 1-6), le véhicule (points 7-9) et les infrastructures (points 10-12). La liste ci-dessous reprend les causes émises dans ce rapport :

1. Vitesse
2. Non respect des distances de sécurité
3. Distraction : l'utilisation du GSM
4. Fatigue
5. Consommation d'alcool et de substances
6. Port de la ceinture de sécurité
7. Surchargement
8. Défauts techniques
9. Angles morts
10. Condition météorologiques
11. Chantier
12. Files

Pour ce qui est des camionnettes, selon l'IBSR, leur vitesse est généralement trop élevée. Malgré tout, elle n'est pas plus haute que celle des automobilistes. Cependant, les conducteurs de camionnettes sont plus susceptibles de conduire sous influence ou en utilisant leur téléphone mobile. De plus, la masse de ce véhicule étant plus important que celle d'une voiture traditionnelle, les dégâts seront plus importants. (Les camionnettes roulent-elles trop vite ?, 2014)

9 Usure des routes

La dernière externalité est l'usure de la route liée au passage des véhicules. Il paraît logique de penser que les camions et camionnettes, étant plus lourds, abîment d'autant plus. Cette partie permettra de vérifier si cette idée est vraie et à quel point cette différence de masse influence sur la dégradation du réseau routier.

Les premières études ont été réalisées dans les années 60 aux Etats-Unis sous le nom de "AASHO Road Test". Le but de ces tests était de comprendre comment réagissaient les structures routières face aux différents poids qu'elles avaient à supporter afin de construire des routes plus résistantes. Ces études ont été conduites lors des mois d'octobre, novembre, mars et juillet afin de nuancer les résultats en fonction des conditions météorologiques. (The AASHO Road Test : Report 1) En effet, les conditions entre ces moments varient énormément en terme de température, de pluie ou de givre comme montré sur la figure 20 ci dessous. (Pavement Interactive, 2018).

Average Mean Temperature (July)	24.5°C (76°F)
Average Mean Temperature (January)	-2.8°C (27°F)
Annual Average Rainfall	837 mm (34 inches)
Average Depth of Frost (for fine-grained soil)	711 mm (28 inches)

FIGURE 20: Conditions climatiques des essais AASHO. (Pavement Interactive, 2018).

Selon cette étude, l'usure de la chaussée varie comme :

"La puissance quatrième du rapport des masses appliquées sur les essieux".

Depuis, cette règle est reconnue par la plupart des scientifiques et toujours utilisée pour les calculs. Certains scientifiques remettent en cause cette formule mais aucune autre n'est proposée dans la littérature scientifique. De plus, les articles de presse continuent à citer cette formule lors de sujets liés.

Exemple et calculs en fonction de différents véhicules

En Belgique, un camion peut être chargé jusqu'à 44 tonnes. (VanBreda, 2018). Considérons donc qu'il possède 5 essieux. La charge sur chacun de ses essieux sera de 8800 kg. Prenons le poids d'une golf : 1500 Kg. (Moniteur Automobile, 2018). Possédant 2 essieux, la charge sur chaque est de 750kg.

Le rapport de ses charges à l'essieu $8800/750 = 11.73$. La puissance quatrième de ce rapport est de 18954.

En conclusion, un camion de 44 tonnes sur 5 essieux use la route presque 20 000 fois plus qu'une voiture.

Il est intéressant de constater que, dans le cas d'une surcharge de 10%, un camion verra son usure par rapport à une voiture augmenter de 46.4%.

Reprenons les mêmes véhicules :

Charge initial camion	44000 kg
Charge camion +10%	48400 kg
Nouvelle charge à l'essieu du camion	9680
Charge à l'essieu voiture	750
Nouveau rapport	12.91
Nouveau Rapport ⁴	27750
Ancien Rapport ⁴	18954
Augmentation usure	46.4%

TABLE 2: Effet surcharge

Nous pouvons également faire ce calcul pour les méga-camions de 60 tonnes possédant 8 essieux. Au vue des calculs du tableau 3 à la page suivante, il est clair qu'un méga-camion possédant 8 essieux est meilleur qu'un camion traditionnel chargé à son maximum légal du point de vue du facteur étudié dans ce point-ci.

Charge camion	60000 kg
Charge à l'essieu du camion	7500
Charge à l'essieu voiture	750
Rapport charge	10
Rapport ⁴	10000
Ancien Rapport ⁴	18954
Modification usure	-47.24%

TABLE 3: Usure de la route par un méga-camion

Pour le commerce en ligne et son service de livraison à domicile, il y a également le problème des camionnettes. Si nous prenons une Volkswagen Crafter, le plus gros véhicule utilitaire de cette marque, nous arrivons à une masse maximale de 3500 kg. (AnchorVans, 2019). En reprenant la même formule, nous obtenons les résultats suivants :

Charge camionnette	3500 kg
Charge à l'essieu	1750
Charge à l'essieu voiture	750
Rapport charge	2.33
Rapport ⁴	29.64

TABLE 4: Usure de la route par une camionnette

Nous pouvons conclure qu'une camionnette équivaut à un passage de 30 voitures.

Le tableau 5 reprend les différentes valeurs trouvées :

Rapport camion 44 tonnes	18 954
Rapport camion surcharge	27 750
Rapport méga-camion	10 000
Rapport camionnette	30

TABLE 5: Tableau récapitulatif des différentes usures

10 Coût des externalités

Après avoir décrit les différentes externalités, nous pouvons nous demander quel est le coût économique de chacune. Nous avons déjà observé que chaque année de vie vaut 44.013,45€ selon la volonté de payer pour gagner 6 mois de vie.

Nous avons décidé d'utiliser le "Handbook on External Costs of Transport" pour trouver les valeurs monétaires. Celui-ci a été réalisé par la Commission Européenne en 2008. L'objectif de cette étude est de fournir un aperçu complet des méthodes d'estimations des coûts des externalités et de fournir des valeurs standards pour mettre en place des systèmes de tarification efficace. Nous utiliserons la version de 2019 afin d'avoir les données les plus pertinentes possibles. Celle-ci a été réalisée avec les données de 2016 et fournit donc des valeurs en niveaux de prix de 2016.

Afin de comprendre au mieux les valeurs proposées, voici une liste d'abréviations utilisées :

LCV = camionnette

HGV = camion

pkm = passager-kilomètre

tkm = tonne-kilomètre

vkm = véhicule-kilomètre

Pollution de l'air

Le coût calculé est en fonction de quatre facteurs :

1. Effets sur la santé : les polluants créent des problèmes de santé qui entraînent des traitements coûteux, l'arrêt de travail et parfois la mort.
2. Perte de récolte : les polluants dans l'air peuvent également dommager les récoltes agricoles.
3. Dommages mobiliers et immobiliers : le coût de la poussière et la corrosion provoquées par la pollution de l'air
4. Perte de biodiversité : coût des dommages sur les éco-systèmes comme la pollution de l'eau ou la diminution de faune et flore.

Le coût marginal dépend de chaque véhicule, de sa taille, de son type de carburant et de sa classe d'émission. Du fait de grandes disparités, il est très difficile de calculer une valeur moyenne. Cependant, nous pouvons déterminer que le coût total de la pollution de l'air dans l'Europe des 28 est de 15,49 milliards d'euros pour les camionnettes, 13,93 milliards d'euros pour les camions et 33,36 milliards d'euros pour les voitures de particuliers.

Dans cette étude, le coût du changement climatique a également été calculé. Celui-ci représente, tous types de transport confondus, un total de 105,15 milliards d'euros pour l'ensemble des pays de l'Union Européenne.

Congestion

Ce coût dépend de deux facteurs : le type de route et le niveau de congestion existant. La figure 21 ci-dessous présente les valeurs trouvées. Le calcul n'a pas été fait pour les zones rurales puisque celles-ci sont très rarement congestionnées. Il est évident que ce coût augmente avec la hausse du niveau de congestion existant. Dans les milieux urbains, le coût est toujours plus grand en dehors des routes principales. Dans les quartiers suburbains, ce coût est plus important en dehors des autoroutes.

Vehicle category	Traffic situation	Urban area		Inter-urban area	
		Trunk roads	Other urban roads	Motorway	Other roads
Passenger transport (€ cent/ vkm)					
Passenger car	Over capacity	32.1	66.3	29.4	46.4
	Congested	24.8	58.2	22.6	39.6
	Near capacity	17.4	47.2	15.9	31.2
	Well below capacity	0	0	0	0
Bus/Coach	Over capacity	64.2	132.6	58.7	92.7
	Congested	49.5	116.4	45.3	79.2
	Near capacity	34.9	94.4	31.9	62.3
	Well below capacity	0	0	0	0
Freight transport (€ cent/ vkm)					
LCV	Over capacity	48.1	99.4	44.0	69.6
	Congested	37.1	87.3	34.0	59.4
	Near capacity	26.1	70.8	23.9	46.7
	Well below capacity	0	0	0	0
HGV	Over capacity	64.2	132.6	58.7	92.7
	Congested	49.5	116.4	45.3	79.2
	Near capacity	34.9	94.4	31.9	62.3
	Well below capacity	0	0	0	0

FIGURE 21: Coût marginal de la congestion sociale par vkm, moyenne pour les pays de l'UE. (European Commission, 2019).

Bruit

Le coût marginal du bruit dépend de trois facteurs :

1. Densité de population : ce facteur détermine la population exposée au bruit. En effet, plus les personnes habitent près de la source, plus le coût sera élevé. Trois types de densité sont utilisées : urbain, suburbain et rural.
2. Niveaux de bruit existant : Un véhicule supplémentaire sur une route rurale n'a pas le même impact que sur une route déjà congestionnée. Plus le bruit existant est élevé, plus bas sera le coût.
3. Moment de la journée : les effets du bruit sont plus conséquent durant la nuit que durant la journée

La figure 22 ci-dessous représente le coût marginal d'un véhicule supplémentaire sur les routes en fonction du type de véhicule, du trafic et des zones de densité de population. Le coût augmente la nuit, lorsqu'il y a peu de trafic et dans les zones urbaines. En effet, c'est dans cette situation que le bruit d'un véhicule supplémentaire est le plus dérangeant. Les camionnettes sont les voitures ayant un coût marginal le plus haut tandis que les voitures sont celles ayant le plus faible.

Road	Time of the day	Traffic situation	Urban	Suburban	Rural
Passenger transport (€-cent per pkm)					
Passenger car	Day	Dense	0.5	0.03	0.004
		Thin	1.1	0.07	0.009
	Night	Dense	0.9	0.05	0.007
		Thin	2.1	0.13	0.015
Light commercial vehicles (€-cent per vkm)					
LCV	Day	Dense	1.7	0.1	0.01
		Thin	4.1	0.3	0.03
	Night	Dense	3.0	0.2	0.03
		Thin	7.4	0.5	0.06
Freight transport (€-cent per tkm)					
HGV average	Day	Dense	0.7	0.04	0.01
		Thin	1.6	0.11	0.01
	Night	Dense	1.2	0.07	0.01
		Thin	3.0	0.19	0.02

FIGURE 22: Coût marginal du bruit causé par le transport routier, moyenne pour les pays de l'UE. (European Commission, 2019).

Accidents

Ce coût est composé de six sources :

1. Coût humain : couvre la douleur et les souffrances causées par l'accident. Cependant, nous considérons que chaque personne sait qu'elle risque un accident en empruntant la voirie. De ce fait, son propre coût humain est interne à elle-même tandis que celui des autres est externe à la personne.
2. Coût médical : coût du traitement médical des victimes suite à l'accident jusqu'à la guérison totale ou la mort. Dans le cas d'une assurance, ce coût peut être en partie internalisé. Le Handbook considère 50% de coût externe.
3. Coût administratif : le coût lié au travail des différents services de secours non-médicaux : police, pompier, justice, dépannage,... Les assurances permettent également d'internaliser ce coût à hauteur de 70%.
4. Perte de production : le coût lié au capital humain perdu qu'il faut remplacer. En effet, la personne peut ne pas être capable de retourner travailler immédiatement. Le volontariat et les travaux ménagers sont compris. Les assurances permettent de limiter l'externalisation de ces coûts à 55%.
5. Dommages matériels : le coût des dommages causés aux véhicules, bâtiments,... Celui-ci est considéré comme totalement internalisé grâce aux assurances.
6. Autres coûts : coût de la congestion lié à l'accident, non disponibilité des véhicules et les coûts funéraires. Ceux-ci ne sont pas pris en compte ici puisque rattachés à d'autres externalités.

La figure 23 ci-dessous, présente le coût marginal par accident en fonction de chaque type de véhicule. Nous pouvons observer que ce coût est le plus élevé sur les routes en milieu rural et le plus faible sur les autoroutes.

Vehicle type	Motorway	Urban road	Other road
Passenger transport (€-cent per pkm)			
Passenger car	0.25	1.41	0.63
Motorcycle	-0.65	4.42	-3.21
Bus/coach	0.05	0.80	0.19
LCV (€-cent per vkm)			
LCV	0.37	0.76	0.84
Freight transport (€-cent per tkm)			
HGV	0.07	0.10	0.13

FIGURE 23: Coût marginal des accidents de la route, moyenne pour les pays de l'UE. (European Commission, 2019).

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons observée les valeurs économiques des différentes externalités à l'exception de l'usure de la route, non-présente dans le Handbook. Nous pouvons supposer que ce coût augmente sur les routes où il y a le plus de congestion et où il y a le plus gros passage de camions.

La figure 24 ci-dessous, représente la part de chacune des externalités dans le coût total. Nous pouvons voir que les accidents représentent la part la plus conséquente avec 29%. Si nous prenons la pollution de l'air et le climat, deux externalités causées par les mêmes types de facteurs, nous arrivons à 28%. Ensuite, la congestion compte pour 27% du coût total. Enfin, le bruit ne vaut que 7% du coût total et a la part la plus petite des externalités étudiées dans le cadre de ce mémoire.

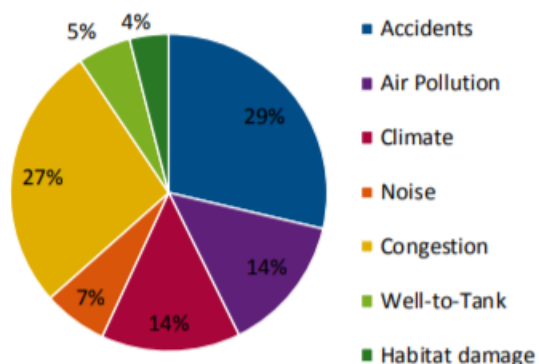


FIGURE 24: Parts du coput de chaque externalités étudiées dans le Handbook en 2019. (European Commission, 2019).

11 Conclusion

Dans cette partie, nous avons analysé les différentes externalités liées au transport. Nous les avons vues chacune indépendamment et nous avons essayé de déterminer l'impact du e-commerce.

Il est assez clair que le e-commerce apporte une hausse du nombre de camionnettes sur nos routes. En y additionnant la hausse du parc automobile belge, nous constatons que nos routes sont de plus en plus encombrées. En ce qui concerne les camions, ceux immatriculés en Belgique sont en baisse mais souvent remplacés par des routiers étrangers. Le nombre de camionnettes a, quant-à lui, explosé depuis 2003 suite à l'essor du e-commerce.

De plus, la hausse du nombre de véhicules entraîne également une hausse des polluants rejetés dans l'air. En combinant à la hausse de la congestion, nous pouvons ajouter la pollution de l'air produite par les freins à celle produite par la combustion dans le moteur. Si la situation ne change pas, le nombre de décès prématurés liés en Europe pourrait augmenter jusqu'à 2,5 millions d'ici 2100. Avec un coût économique de 44013,45€ par année de vie perdue et une moyenne de 16,47 ans en moins pour ces personnes, cela représenterait un coût de 1800 milliards d'euros.

Les nuisances sonores proviennent principalement du trafic routier. Si celui-ci augmente, le niveau sonore également et donc les conséquences liées. Celles-ci sont nombreuses et de trois types : auditif, non auditif et gêne.

La hausse du parc automobile entraîne également une hausse du nombre d'accidents sur nos routes. Ceux-ci impliquent, la plupart du temps, un poids-lourd ou une camionnette. Si leurs nombres sur nos routes augmentent, il est logique qu'il en soit de même pour les accidents. Les conducteurs de ces véhicules subissent souvent des conséquences moins lourdes du fait que leurs véhicules les protègent mieux qu'une voiture de particulier.

Enfin, la voirie s'use de manière exponentielle en fonction de la charge sur essieu du véhicule roulant sur elle. Les camions usent près de 20 000 fois plus et les camionnettes 30 fois plus qu'une voiture. Dans le cas d'un méga-camion, il use de moitié par rapport à un poids-lourd classique.

Quatrième partie

Solutions

Nous avons vu lors de la troisième partie que le e-commerce entraîne une hausse globale du transport qui amène à des externalités négatives. Dans cette quatrième partie, nous explorerons différentes solutions afin d'améliorer ces externalités. Premièrement, une explication de la solution proposée sera faite. Ensuite, une analyse par rapport à chacune des externalités sera effectuée afin de vérifier si cette solution a des effets positifs.

12 Consolidation

12.1 Centre de consolidation

Ce système consiste en un grand entrepôt à l'extérieur des villes. Tous les biens devant être livrés dans la ville sont amenés à cet entrepôt. Ensuite, des camions sont remplis avec les différents biens commandés à une seule adresse ou quartier. (Re-thinking deliveries to save time and money, 2015). Ceci est illustré à la figure 25 ci dessous : (TU Delft, 2019).

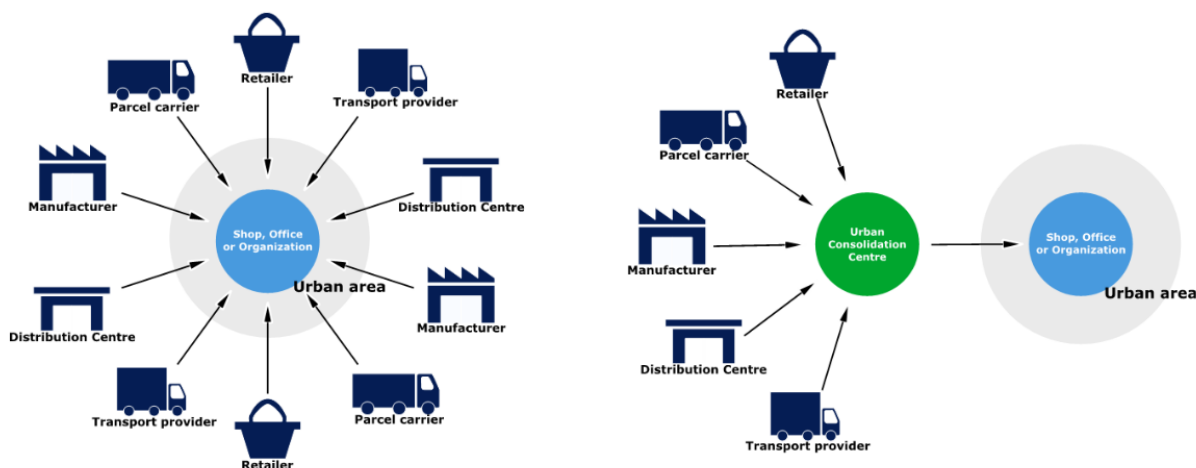


FIGURE 25: Livraison traditionnelle vs. centre de consolidation. (TU Delft, 2019).

La consolidation a de nombreux avantages tels que la réduction des distances parcourues et du nombre de trajets. De plus, si l'entrepôt est ouvert 24h/27, 7jours/7, cela permet d'étendre les heures de réception. Cela permet aussi d'avantager l'usage de plus petits véhicules au sein des villes. En ce qui concerne les désavantages, la consolidation apporte plus de manipulation suite au passage dans l'entrepôt. De plus, ce système est souvent sous-utilisé. Cela entraîne des difficultés à être rentable et donc, un besoin de subsides. (TU Delft, 2019).

Analyse des externalités

L'analyse des externalités se fera pour les villes. En effet, les conditions seront exactement les mêmes ailleurs, par exemple, sur l'autoroute menant à ce centre. La situation sera même moins bonne aux abords du centre étant donné que le nombre de véhicules à cet endroit augmentera. Cependant, étant dans une zone peu habitée, les répercussions se feront sur peu de personnes.

Une analyse de différents centres de consolidation en Europe a été effectuée par VPF en 2017. L'annexe J présente le tableau 13 avec les différentes données recueillies pour l'impact sur la congestion et la pollution de l'air pour ces centres. Nous y constatons que le temps et la distance diminuent pour effectuer une livraison. Des conclusions de cette analyse, nous pouvons raisonnablement estimer que la distance parcourue pour une livraison diminuera d'un tiers et le temps de 20 minutes. En effet, dans la ville de Stockholm, la réduction de distance parcourue atteint même plus de 60%. A Monaco, une réduction de 38% de congestion totale a été observée tandis que ce chiffre grimpe jusqu'à 66% pour le quartier de Wembley à Londres. (VPF, 2017). Cela fait une moyenne de 52% que nous adopterons pour Bruxelles.

De plus, la qualité de l'air s'améliorera grâce aux nouveaux véhicules qui remplaceront les camions et à la diminution de circulation dans le centre ville. Nous arrivons à une diminution de 80% de CO2 pour Stockholm, Old London et New London. Cette réduction est moins forte pour les autres polluants avec une moyenne de 40% en moins pour chaque polluant à Nijmegen, Pays-Bas. (VPF, 2017). Nous retiendrons ce pourcentage de 40% afin de tenir compte d'une valeur moyenne de tous les polluants.

Pour les nuisances sonores, il est clair que la diminution de camions et camionnettes dans le centre-ville diminuera le niveau sonore routier. Dans l'étude menée par VPF, la seule donnée disponible est celle d'une diminution de 30% à Monaco, soit 1.6 dB.

Nous avons observé, dans l'analyse des accidents, que les camions et camionnettes sont impliqués, en 2018, dans 5505 accidents corporels pour un total de 39197, soit 14% des accidents. Si le nombre de véhicules de livraison entrant à Bruxelles diminue de 80% comme à Wincanton, nous pouvons espérer une diminution de 11,2% d'accidents (80% de 14%).

Les camions et camionnettes sont les plus grands responsables de l'usure des routes. En 2017, 741.015 camionnettes et 103.131 camions étaient immatriculés en Belgique. Considérons qu'1/10 circulent chaque jour à Bruxelles, soit 74.102 camionnettes et 10.313 camions. D'autre part, nous estimons que seul un tiers de ces camionnettes sont utilisées pour la livraison, soit 24.701 camionnettes. Ceci est équivalent à 196.213.632 voitures ($24.701 \times 30 + 10313 \times 18954$). En reprenant la diminution de 80% de véhicules de livraison, nous arrivons à une réduction de 156.970.906 équivalent-voitures.

12.2 Approvisionnement collaboratif

Ce système est mis en place pour un immeuble avec différentes entreprises. Cela leur permet de commander ensemble les biens dont ils vont avoir besoin. En effet, chaque bureau a besoin d'eau qui peut être servie sous forme de fontaines. Au lieu que chacun commande séparément et fasse venir un livreur, ils peuvent centraliser en une seule commande. Quelqu'un sera en charge de collecter ces demandes, de passer la commande, la réceptionner et enfin, la redistribuer à chaque entreprise. Cela permet également un gain financier grâce au coût marginal moindre lors de plus grosses commandes. (Re-thinking deliveries to save time and money, 2015).

En ce qui concerne les avantages et désavantages de ce système, ils sont semblables à ceux du centre de distribution mis à part que le centre de réception au sein du bâtiment n'est pas spécialement ouvert en permanence. De plus, l'usage des véhicules plus adaptés à la ville n'est pas possible du fait que tous les livreurs viennent indépendamment jusqu'à l'immeuble.

Analyse des externalités

Ce système ne permet pas une amélioration aussi flagrante de la situation qu’avec le centre de distribution. Nous ferons également l’analyse seulement pour les centre-villes ayant des bâtiments utilisant ce système. Le nombre de camions diminuera proportionnellement au nombre d’entreprises par immeuble. En effet, si un bâtiment comprend 5 sociétés différentes, celles-ci commanderont tout ensemble et un seul camion devra venir livrer au lieu de 5.

De ce fait, les 5 externalités verront leurs effets néfastes diminués de la même proportion. S’il y a moins de camions, il y aura moins de congestion et de pollution liées au trafic routier. Comme précédemment, Les camions son les véhicules causant le plus d’accidents, de bruits et d’usure de la route. Ces 3 autres externalités seront également améliorées.

Conclusion

Ces deux manières de consolider les livraisons sont bénéfiques du point de vue des 5 externalités étudiées dans ce mémoire. La première, le centre de consolidation, semble être une meilleure solution que la deuxième puisque cette dernière permet encore aux camions de traverser le centre-ville ce qui en limite les bienfaits. Le tableau 6 ci-dessous reprend les valeurs trouvées pour le centre de consolidation.

Pollution de l’air	Congestion	Bruit	Accidents	Usure de la route
-40% de polluants	-52%	-30%	-11,2%	-156.970.906 équivalent voiture

TABLE 6: Analyse des externalités pour le centre de consolidation

13 Vélogistique

La vélogistique est le mot décrivant l'usage d'un vélo pour le transport de marchandises. L'un de ses avantages pour les entreprises est son faible coût d'achat. (Robert M., 2013). Par exemple, le vélo montré à la figure 26 ci-dessous, vendu par un revendeur en Belgique. Il permet de transporter jusqu'à 170 kg dans sa boîte rectangulaire. Son prix est de 3150€. Il existe également des modèles électriques, pouvant aller jusqu'à 5000€. (Velobac, s.d.). Une définition d'un vélo-cargo peut-être la suivante :

"Tout vélo spécialement conçu (ou reconstruit) pour transporter des marchandises volumineuses et lourdes et / ou des enfants et des personnes [et] utilisant des installations fixes qui ne peuvent pas être enlevés." (Weirich C., 2012).



FIGURE 26: Exemple de vélo-cargo. (Velobas, s.d.).

En 2012, dans le cadre de son mémoire sur les vélos-cargo, Christian Weirich a effectué une comparaison entre les différents types qui se trouve en annexe à la figure 42. Les dimensions, poids et capacité de chargement y sont inscrits. Chacun sera brièvement décrit dans cette section. Premièrement, nous y trouvons mention d'un chariot. Il s'agit, dans ce cas, d'une sorte de remorque attachée au vélo traditionnel. Ensuite, le "bakers bike" est un vélo dont le casier frontal est légèrement plus grand. Troisièmement, les "Long John" sont des vélos avec de l'espace entre le guidon et la roue avant au niveau du bas de la roue. La figure 26 représente un de type trois roues. Les deux-roues sont semblables mis à part qu'ils ne possèdent qu'une roue devant. Les quatres roues ont leur espace de rangement à l'arrière supporté par deux roues et permettent de transporter un plus gros poids. (Weirich C., 2012).

Les avantages pour les entreprises sont nombreux. Le coût d'achat est relativement faible ainsi que son coût d'usage : le prix du pétrole n'a aucune influence, les taxes et assurances sont moins chères. Il ne faut pas trouver du personnel ayant un permis spécifique. Un vélo peut également être plus rapide qu'une voiture dans le trafic et peut passer par certaines routes où les voitures ne peuvent pas. De plus, trouver un endroit pour garer est plus simple. Cet aspect est fortement apprécié par ceux devant s'arrêter fréquemment. Il existe également certains désavantages. En fonction des dimensions du vélo, les pistes cyclables peuvent être trop étroites. Parfois, il est même compliqué de dépasser les voitures dans un embouteillage. L'entretien peut coûter assez cher si fortement utilisé même si cela compense toujours le coût total d'un camion ou d'une camionnette. Les conditions météorologiques sont également un frein. De plus, il faut un minimum d'entraînement physique pour être capable de faire les trajets. Ce côté peut être diminué grâce à l'usage d'un vélo électrique. (Weirich C., 2012).

Analyse des externalités

A défaut d'informations sur les vélos-cargos, nous comparerons un vélo traditionnel avec tous types de transport ayant un moteur à combustion.

Premièrement, un vélo ne rejettera pas des particules et autres molécules polluant l'air. La qualité de l'air s'améliorerait. Par ailleurs, la production d'électricité utilisée pour recharger les modèles électriques entraîne une pollution mais celle-ci est minime et émise dans une autre zone que celle où la personne roule. En moyenne, un vélo avec assistance électrique consomme 22g de CO₂ par km. (Sartor K., 2011). A partir de 2020, une camionnette ne pourra émettre qu'un maximum de 147g de CO₂ par km. Si les véhicules dépassent ce seuil, le constructeur aura une amende de 5€ à 95€ par gramme dépassant cette valeur par véhicule vendu. (Climat.be, s.d.). Le vélo électrique produit 85% de CO₂ en moins par kilomètre parcouru (22/147) par rapport à la camionnette.

Pour la congestion, remplacer les camionnettes par ce type de véhicule diminuerait le nombre de kilomètres d'embouteillage. En effet, les vélos sont plus petits et se déplacent sur les pistes cyclables dès que possible. Par ailleurs, à terme, un trop grand nombre de vélos amènerait à une congestion des pistes cyclables sans l'élargissement de celles-ci. Pour estimer le nombre vélos qui pourraient rouler à Bruxelles sans que cela ne devienne trop problématique, nous avons pris la flotte de Villo! et de Jump par Uber. Il y a 5000 Villo! disponibles dans toutes les communes de Bruxelles (JCDecaux, 2018) et 500 JUMP disponibles dans seulement 6 des 18 communes. (Trends Tendances, 2019). Nous arrivons donc à un total de 6500 vélos ($5000+500*3$).

Une journée de travail standard compte 8h. Après lecture du tableau de l'annexe I, nous pouvons considérer qu'un vélo-cargo transporte en moyenne 100 kg par tournée. Nous estimons qu'une tournée dure 1h, soit 800 kg par jour. Une camionnette peut transporter jusqu'à 2 tonnes comme vu lors de la partie sur l'usure de la route. Nous supposons qu'elle effectue 1 tournée par jour. Pour remplacer 1 camionnette, il faut donc 2,5 vélos. Ces 6500 vélos correspondent à 2600 camionnettes. L'utilisation des vélos-cargos permettrait donc une diminution de 3,5% des 74.102 camionnettes que nous estimons circuler à Bruxelles.

Par ailleurs, les vélos ne produisent pas de nuisances sonores si ce n'est le roulement des pneus sur la chaussée et le mouvement du système mais ceux-ci restent léger. En ce qui concerne le moteur, le bruit émis est inférieur à 55dB, soit inférieur à la norme de l'OMS. (Bikester, s.d.).

Du point de vue des accidents impliquant une camionnette, il paraît clair que leur nombre diminuera. En effet, nous avons observé que ceux-ci représentent 3482 contre un total de 38.197 en 2018 en Belgique, soit 9,11%. Si nous diminuons le nombre de camionnettes de 3,5%, nous arrivons à une diminution de 0,32% des accidents à Bruxelles.

En ce qui concerne l'usure de la route, il paraît évident que le vélo use moins les chaussées qu'une camionnette au vu de son poids. Pour rappel, le tableau 18 calcule l'usure par un camionnette, soit 30 voitures pour une camionnette. Ces 2600 camionnettes sont donc équivalentes à 78.000 voitures. Dans ce calcul, l'usure supplémentaire de la voirie par les vélos n'est pas prise en compte puisqu'elle est marginale.

Conclusion

Nous avons vu que ce système de transport et de livraisons de marchandises amène une amélioration des cinq externalités. Bien évidemment, il n'est pas applicable à tous les biens du fait de sa taille et de son poids chargeable maximal.

De plus, si le nombre de vélos et de vélos-cargos augmentent fortement, sans aménagement des pistes cyclables, nous arriverons à une situation de congestion sur les pistes.

Le tableau 7 ci-dessous reprend les valeurs trouvées pour la vélogistique à Bruxelles.

Pollution de l'air	Congestion	Bruit	Accidents	Usure de la route
-85% de CO ₂ /km	-3,5% de camionnettes	<55dB	-0,32%	-78.000 équivalent voitures

TABLE 7: Analyse des externalités du vélo-cargo

14 Drones

Selon l'Encyclopaedia Universalis, la définition d'un drone est la suivante :

"Les aéronefs dénommés drones sont des véhicules aériens sans pilote à bord, télécommandés ou autonomes." (Encyclopaedia Universalis, s.d.).

90% de ces véhicules sont à usage militaire mais, depuis 2010, ils font de plus en plus leur apparition dans le milieu civil. Le gros problème actuel est l'acceptation et l'intégration des drones dans la circulation aérienne générale. (Encyclopaedia Universalis, s.d.).

Ces dernières années, de plus en plus d'entreprises annoncent vouloir utiliser cette technologie dans leurs services de livraison. Par exemple, Amazon a accompli en 2016 sa première livraison grâce à son service Prime Air. En juin 2019, leur nouveau modèle a été annoncé et est présenté à la figure 27. Ces drones sont totalement autonomes : ils décollent, volent, atterrissent et reviennent à l'entrepôt sans aide humaine. Ils décollent et atterrissent de manière verticale tel un hélicoptère. La distance maximale parcourue est de 24 km dans un temps maximal de 30 minutes. Ce véhicule peut livrer des colis de 2,3kg maximum. (Amazon Prime Air, 2019). Cela peut sembler peu mais, d'après Amazon, de 75% à 90% des commandes effectuées sont en-dessous de cette limite. (Jeff Wilke, 2019). Une fois qu'il s'approche du lieu, un message est envoyé au client afin de le prévenir de la livraison imminente et pour demander si le terrain est prêt. Le drone va scanner la zone afin d'être sûr qu'il puisse atterrir, va trouver la zone de livraison, déposer le paquet et repartir. (Amazon Prime Air, 2019). Financièrement, c'est très avantageux pour Amazon. En effet, le coût de transport d'Amazon s'élevait à 25 milliards d'euros en 2018. Ce coût serait divisé par 2 ou 4 dans le cas d'utilisation de drones. Seulement, les drones ne peuvent voler que dans une zone sans obstacle. De ce fait, utiliser ce système dans les grandes villes devient impossible. Le gain obtenu via les drones ne sera donc certainement pas aussi gros que prévu mais tout de même intéressant pour Amazon. (Dewitte D., 2019).



FIGURE 27: Drone de livraison de Amazon. (Amazon Prime Air, 2019).

Mais Amazon n'est pas la seule firme voulant intégrer cette technologie. En juin 2019, Uber a annoncé commencer les essais de livraison dans la ville de San Diego, USA, de nourriture via sa branche UberEats. La nourriture est placée dans un paquet spécialement conçu pour ce type de transport. Le système serait fait de telle manière que le drone atterrisse sur une voiture de la flotte de taxi d'Uber proche du lieu de la commande et le chauffeur s'occuperait de rouler jusqu'à la destination finale. Grâce à ces zones faciles et nombreuses pour se déposer, Uber permet d'éliminer une des contraintes de l'utilisation du drone liées au milieu urbain. (Uber, 2019).

Le secteur des soins de santé est lui aussi très intéressé par cette technologie. Premièrement, les drones permettent d'atteindre des zones difficiles d'accès. Par exemple, Zipline est une société qui permet de livrer, entre autres, des poches de sang et des vaccins au Rwanda. Leur but est d'utiliser ce service également aux Etats-Unis et en Europe dans des zones rurales ayant peu d'accès à des établissements médicaux. (The Economist, 2019).

14.1 Analyse des externalités

Nous analyserons les externalités de cette technologie en zone rurale. En effet, l'application en milieu urbain est beaucoup plus complexe dû notamment aux obstacles.

Etant donné que les camionnettes seraient remplacées par des drones, la congestion diminuerait bien que les zones rurales sont rarement soumises à de la forte congestion.

A terme, si cette technologie est utilisée dans les villes, nous pourrions arriver à une situation où l'espace aérien réservé aux drones serait, lui aussi, saturé. Selon la Banque Mondiale, seulement 2% de la population belge vivaient en milieu rural en 2017. Si nous considérons que tout le monde commande de manière semblable et que 75% à 90% des commandes effectuées sont transportables par drone, nous arrivons à 1,5% (2% de 75%) des commandes totales pouvant profiter de ce nouveau système. En Belgique, pour les 741.015 camionnettes immatriculées en 2017 et considérant qu'un tiers sert à la livraison de marchandises, cela équivaut à 247.005 camionnettes de livraison. Si 1,5% des livraisons sont effectuées par des drones, nous avons une diminution de 3705 camionnettes, soit 0,5% de la flotte en Belgique (3705/741.015).

Pour la pollution de l'air, il est évident qu'un drone, fonctionnant grâce à l'électricité, ne rejettera pas de polluants dans l'air lors de son vol. Tout comme pour le vélo-cargo, même en tenant compte de la pollution émise suite au rechargement des batteries, un drone pollue moins l'air qu'une camionnette. Selon une étude effectuée aux Etats-Unis, un drone permet de réduire les émissions de 23% à 54% par livraison. (Folk E., 2019). Si nous considérons que 1,5% des livraisons seront effectuées par drone, cela ne représente qu'une diminution de 0,3% à 0,8%.

Du point de vue des nuisances sonores, une étude menée par la NASA indique qu'un bruit de drone dérangerait deux fois plus que celui du trafic routier pour le même niveau. Une des explications avancées est le fait que les personnes sont habituées au bruit des voitures et sont donc moins dérangées. (Le Monde, 2017). Nous pouvons considérer que le bruit émis par le moteur est semblable à celui émis par le bruit émis par le moteur d'un vélo électrique, inférieur à 55dB. (Bikester, s.d.).

Les accidents de la route diminueraient également mais de manière relativement faible. En effet, les accidents impliquant les camionnettes représentent 9,11% des accidents en Belgique. En diminuant la flotte de 0,5%, nous diminuerions les accidents de 0,05%. Si nous arrivons à une saturation de l'espace aérien, nous pourrions voir arriver des accidents entre drones. Ces derniers ne seraient pas mortels a priori. Ils pourraient cependant blesser des individus s'ils lâchent leur chargement lors d'une collision et que celui-ci tombe sur quelqu'un.

Enfin, pour l'usure de la route, il est clair que la chaussée s'userait moins vite. En effet, moins de camionnettes passeraient sur le réseau routier. 3705 camionnettes représentent le passage de $3705 \times 30 = 111.150$ voitures.

Conclusion

Cette technologie semble très prometteuse. Encore au stade d'essai pour beaucoup d'entreprises, il est difficile de pouvoir calculer exactement l'impact qu'elle aurait sur les différentes externalités. Comme il semble que les livraisons en milieu rural seront les premières possibles par drone, l'analyse a été effectuée pour ces livraisons-là. Les impacts positifs seraient, évidemment, plus intéressants le jour où ce système sera applicable en milieu urbain.

Nous avons également observé que, si les drones venaient à être trop nombreux dans l'espace aérien, nous pourrions arriver à des situations négatives. En effet, la congestion et les accidents pourraient devenir courant dans les airs malgré qu'ils aient diminué au niveau du sol.

Le tableau 8 ci-dessous présente les valeurs trouvées pour chaque externalité.

Pollution de l'air	Congestion	Bruit	Accidents	Usure de la route
-0,35% à 0,81%	-0,5% de camionnettes	<55dB	-0,05%	-111.150 équivalent voiture

TABLE 8: Analyse des externalités pour la livraison par drone en milieu rural

15 Pénalités

15.1 Pénalités à gauche

Ce système est intégré dans le calcul du plus court chemin de la société UPS depuis 2008. (GeoBeats News, 2014). Les tournants vers la droite sont privilégiés grâce à une pénalité de 20 secondes pour un tournant vers la gauche. Afin de l'éviter, le programme cherchera un autre chemin qui emprunte des routes vers la droite. (Jacopo Prisco, 2017).

Analyse des externalités

Si UPS continue à utiliser ce programme, il paraît évident que c'est avantageux pour eux. En plus d'augmenter leur nombre de livraisons, le nombre de camions a diminué de 1100. Ceci est expliqué par le fait que la société parcourt 46 millions de kilomètres en moins chaque année. (CNN, 2010). De ce fait, la congestion diminue. Si nous comparons à la flotte d'UPS, cela représente une diminution de 1%. (UPS, 2017). Si nous considérons qu'un tiers des 741.015 camionnettes en Belgique sont pour la livraison de colis, nous diminuerions le nombre de camionnettes de 2470. De plus, grâce à cette diminution de kilomètres parcourus, nous pouvons aussi dire que la route s'utilisera moins vite vu que celle-ci devra supporter moins de passage. En effet, 2470 camionnettes équivalent à 74.100 voitures. Enfin, le niveau sonore a de fortes chances de, lui-aussi, diminuer. Cette diminution du passage de véhicules enlève des nuisances sonores dans les villes liées au transport routier.

Du côté de la consommation de carburant, 38 millions de litres en moins sont consommés chaque année. Ceci vient de la réduction du nombre de véhicules et de kilomètres ainsi que du fait que les chauffeurs doivent attendre moins longtemps dans un carrefour. (CNN, 2010). En effet, tourner à droite peut se faire directement tandis que, pour tourner à gauche, il faut attendre que la voie dans l'autre sens se libère. Cette diminution de carburant entraîne une réduction d'émissions de CO₂ de 20.000 tonnes. (Prisco J., 2017). Nous avons calculé que 2470 camionnettes en moins rouleront. Si nous prenons les chiffres de 2018 du SPF Mobilité et Transports, nous savons qu'une camionnette roule en moyenne 16.798 km/an. Nous diminuerions donc de 41.491 km/an le nombre total de kilomètres parcourus. Par une règle de trois, nous obtenons une réduction de 18 tonnes de CO₂.

En ce qui concerne les accidents, ceux-ci sont également diminués. Selon Prisco, 22,2% des accidents de la route sont liés à un tournant vers la gauche. Le risque de faucher un piéton dans ce genre de situation est 3 fois plus élevé qu'en tournant vers la droite. (Prisco J., 2017). Si seulement les camions et camionnettes adoptent ce système, nous arrivons à une réduction de 3,11% d'accidents impliquant ces deux types de véhicules.

En conclusion, nous avons vu que, selon les 5 externalités étudiées dans le cadre de ce mémoire, ce système est bénéfique. Nous pouvons donc espérer que d'autres sociétés de transport mettent en place un programme similaire pour leurs calculs de tournées de livraisons.

15.2 Pénalités dans les zones résidentiels

Le but de cette méthode est de réduire le trafic dans les zones à haute densité de population. Chaque zone d'une ville sera divisée en différentes catégories en fonction du type d'habitat. Pour chaque zone, une pénalité est instaurée. Le coût pour aller de i à j est défini selon l'équation 5 :

$$c''_{i,j} = c'_{i,j} * (1 + \frac{\sum_{u \in U} p_u * d_{iju}}{\sum_{u \in U} d_{iju}}) \quad (5)$$

Où

$u \in U$	Zone avec pénalité
d_{iju}	Distance parcourue dans la zone u pour passer de i à j
c'_{ij}	Coût sans pénalité
p_u	Pénalité dans la zone u

TABLE 9: Indice de l'équation 5

De cette manière, le trafic non nécessaire dans les zones résidentielles sera fortement diminué puisque les traverser équivaut à un coût supplémentaire.

Certaines entreprises de camionnage pourraient dire que cela risque d'augmenter leurs coûts totaux en devant passer par d'autres routes. En matière de temps de parcours, il a été montré que cela n'augmente pas de manière significative et donc, le coût total. Il faut noter que cela ne s'applique pas pour les autres types de réseau routier tel que les villages. En effet, ne pas emprunter une certaine section de route dans un réseau éparse amène à de plus gros détours afin d'éviter les zones résidentielles. (TU Delft, 2019). L'analyse effectuée dans ce cours ne prend pas en compte le coût supplémentaire engendré par une hausse de la consommation du carburant s'il faut effectuer des temps de trajet plus longs. Cependant, si le temps de parcours est approximativement le même mais avec une différence de distance, nous pouvons arriver au fait que, grâce au nouveau système, le trajet est plus fluide et rencontre donc moins d'embouteillages. De ce fait, pour une même distance, le véhicule consommera moins que dans le cas d'une zone où il faut sans cesse freiner et redémarrer.

Analyse des externalités

Si le trafic est plus fluide, cela veut dire qu'il y a moins de congestion dans les quartiers affectés par cette pénalité. Le nombre de véhicules en moins dépendra du facteur de pénalité p . Afin de réaliser une analyse quantitative, nous pouvons supposer que le trafic serait réduit de moitié.

Le niveau sonore dans les quartiers résidentiels diminuera. En effet, les camions et camionnettes vont éviter ces quartiers à cause des pénalités encourues. Cette diminution de passage entraîne une diminution des nuisances sonores causées par le trafic routier, d'autant plus que les véhicules plus lourds produisent plus de bruit. En effet, le volume sonore maximal autorisé d'une camionnette est de 91 dB et de 93 dB pour un poids-lourd. (Code de la route, 1968).

Si ces types de véhicules ne passent plus par les quartiers résidentiels, nous pouvons conclure que les routes s'useront moins vite dans ces zones au vu des calculs d'usure effectués dans la partie précédente. Cependant, les véhicules continueront de passer ailleurs et ces routes-là risquent donc de s'abîmer plus rapidement. Si l'usure avant pénalité U_1 est, en équivalent-voiture,

$$U_1 = X + 30Y \quad (6)$$

où X est le nombre de voitures et Y de camionnettes.

en réduisant de moitié le passage des camionnettes, nous arrivons à U_2 , l'usure après pénalité :

$$U_2 = X + 30\frac{Y}{2} = X + 15Y \quad (7)$$

ou de façon équivalente :

$$U_2 = \frac{U_1 + X}{2} \quad (8)$$

La pollution atmosphérique diminuera. En reprenant les mêmes valeurs que pour la consolidation, nous estimons qu'une réduction de moitié du trafic entraîne une baisse de 40% des polluants dans l'air.

Du fait de la réduction du nombre de camions et camionnettes dans les zones à pénalités, le nombre d'accidents diminuera dans ces endroits. Cependant, cette constatation risque d'être inverse sur les routes que ces véhicules emprunteront suite à l'introduction de cette pénalité. Nous avons vu que les camions et camionnettes sont impliqués dans 14% des accidents. Si leurs passages sont réduits de moitié, nous pouvons donc conclure à une diminution de 7% d'accidents dans ces quartiers.

En conclusion, ce système semble extrêmement bénéfique pour les quartiers impactés par une pénalité. Malheureusement, cet effet ne s'appliquera pas à l'ensemble du réseau routier. En effet, les nuisances sonores, les accidents ainsi que l'usure de la route seront reportés aux zones nouvellement empruntées par les camions et camionnettes. La congestion et la pollution de l'air risquent également d'augmenter en dehors des quartiers avec pénalité.

Conclusion

Dans cette section, nous avons observé qu'appliquer des pénalités en fonction de certains comportements de conduite permet d'améliorer la situation du point de vue des cinq externalités étudiées. Dans le cas des pénalités à gauche, celles-ci sont positives de manière générale tandis que, pour les pénalités dans les zones résidentielles, les externalités ne sont positives que dans les quartiers avec pénalité. Cependant, ce système reste intéressant puisque l'impact se fait là où la population vit. Elle en profite donc directement.

Le tableau 10 présente l'impact des deux systèmes sur les cinq différentes externalités.

	Pollution de l'air	Congestion	Bruit	Accidents	Usure de la route
A gauche	-18T de CO ₂	-1% camionnettes	?	-3,11%	-74.100 voitures
Par zones	-40% polluants	1/2	?	-7%	$U_2=(U_1+x)/2$

TABLE 10: Analyse des externalités des pénalités

16 Conclusion

Dans cette partie, nous avons analysé différentes solutions pouvant améliorer la situation actuelle du point de vue des cinq externalités étudiées. Le tableau 11 rappelle les différentes valeurs trouvées pour chaque solution proposée.

	Pollution de l'air	Congestion	Bruit	Accidents	Usure voirie
Consolidation	-40% polluants	<u>-52%</u>	-1,6 dB	<u>-11,2%</u>	<u>-156.970.906</u>
Vélogistique	-85% CO ₂ /km	-3,5% camionnettes	<55dB	-0,32%	-78.000
Drones	-0,35% à 0,81%	-0,5% camionnettes	< 55dB	-0,05%	-111.150
A gauche	-18T CO ₂	-1% camionnettes	?	-3,11%	-74.100
Par zones	-40% polluants	-50% camionnettes	?	-7%	$U2=(U1+x)/2$

TABLE 11: Récapitulatif des externalités pour les différentes solutions

Il semble assez clair que la consolidation est la solution la plus intéressante du point de vue de l'amélioration des externalités. Le problème principal est le financement. Sans subside, un tel système a peu de chance de perdurer.

La vélogistique semble être une solution intéressante du point de vue des pollutions de l'air et sonore mais assez limitée si le nombre de livraisons par vélo reste faible.

En ce qui concerne les drones, cela est assez faible du fait qu'ils ne pourraient, pour le moment, ne livrer qu'en zone rurale qui ne représente que 2% de la population belge. Il faut tout de même noter que, par livraison, il y a une réduction d'émissions de 25% à 50% comparé aux camionnettes.

Pour les pénalités, cela dépend premièrement du niveau de la pénalité. Pour la pénalité à gauche, nous avons observé que cela entraîne une plus grande efficacité également du point de vue de l'entreprise de livraison. Pour les zones résidentielles, nous pouvons espérer une nette amélioration dans les quartiers avec une grande pénalité mais les externalités seraient déplacées dans des endroits où moins de personnes seraient impactées.

Il est évident que l'application de l'ensemble des solutions proposées soient la meilleure solution afin de combiner leurs différents effets. Nous pourrions généraliser les livraisons par drones en milieu rural tandis que les vélos sont la meilleure solution pour les villes. Ceux-ci pourraient partir depuis les centres de consolidation créés en périphérie. Pour les livraisons impossibles à faire par vélo, nous pourrions mettre en place les deux pénalités afin que les camionnettes limitent au maximum leur impact.

Cinquième partie

Limites de ce mémoire

Une première objection de ce travail peut être faite par rapport au fait que nous ne prenons en compte que la partie livraison de biens sans celle pour les services effectués à domicile et commandés en ligne. Nous pouvons donc penser à un biais dans le calcul des externalités des différentes solutions proposées. En effet, nous ne pouvons attendre d'un professionnel de la toiture de déplacer tout son matériel via un vélo. De plus, nous ne prenons pas en compte le cas des retours des biens commandés.

Ensuite, nous avons décidé de concentrer ce travail sur cinq externalités qui nous semblaient être les principales. Cependant, il en existe d'autres tel que les dommages sur l'habitat. Du fait de sa focalisation sur le transport, nous ne prenons pas en compte les dommages créés par la production.

De plus, nous avons analysé ces externalités du point de vue du transport routier. Dans le cas du e-commerce, l'aérien est également fortement sollicité. Comme dit dans l'introduction, AliBaba, un des acteurs majeurs du e-commerce chinois, a installé son hub européen à l'aéroport de Liège. Cela aura également des répercussions sur la qualité de l'air et les nuisances sonores.

Enfin, notre enquête a été effectuée via un questionnaire en ligne tandis qu'il était fait de vive voix dans la version originale. Nous avons également interrogé seulement des francophones pour des raisons linguistiques. Nous pouvons également nous poser des questions quant à l'existence d'un biais dans cette enquête.

Sixième partie

Conclusion

L'objectif de ce travail est de voir l'impact du e-commerce sur le transport routier en Belgique. Les avantages du e-commerce sont multiples tant pour les consommateurs que pour les vendeurs, ce qui peut expliquer son succès dans notre pays dont la culture pousse à profiter de ces avantages. La Belgique est assez avancée dans son passage au numérique, ce qui rend ce type de commerce possible. Le montant des ventes est en pleine croissance avec une hausse de 6% en 2018 par rapport à l'année précédente. Nous pouvons donc en conclure que le e-commerce est un succès en Belgique et y trouver l'intérêt de ce mémoire.

L'analyse a été effectuée pour la pollution de l'air, la congestion des routes, le bruit, les accidents ainsi que l'usure des routes. La première constatation est la hausse du nombre de poids-lourds et de camionnettes sur nos routes. Ceci est expliqué par l'essor du e-commerce. De plus, le parc automobile belge grandit également d'années en années, tous types de véhicules confondus. De ce fait, il est évident que la congestion sur nos routes augmente.

Cette hausse de véhicules entraîne une hausse de polluants dans l'air. Les moteurs rejettent des particules mais également les freins. Une hausse de la congestion amène donc une hausse de la pollution de l'air. Le nombre de décès prématurés liés à la pollution de l'air risque d'arriver à 2,5 millions d'ici 2100 avec une diminution moyenne de 16,47 ans par rapport à l'espérance de vie. Chaque année de vie perdue représente un coût économique moyen de 44013,45. Cela représenterait un total de 1800 milliards d'euros.

Les nuisances sonores proviennent principalement du trafic routier. Si celui-ci augmente, il est clair que le niveau sonore augmente également. Les conséquences liées sont multiples et de trois types : auditive, non auditive et gêne. Par exemple, en Europe, 10% des moins de 25 ans souffrent d'une perte d'audition. Les risques d'AVC et de troubles mentaux augmentent également suite à une exposition à des nuisances sonores.

Une hausse de véhicules sur les routes augmentent le nombre d'accidents d'autant plus que ceux-ci sont généralement plus graves dans le cas d'une implication d'un camion ou d'une camionnette. En effet, par milliard de kilomètres parcourus, 12 personnes décèdent des suites d'un accident avec un poids-lourd contre 7 en moyenne pour les autres types de transport. Selon le "Handbook on External Costs of Transport", les accidents sont l'externalité représentant le plus grand coût économique.

Enfin, l'usure de la voirie est exponentielle en fonction de la charge sur essieu du véhicule. Pour un camion, cela représente le passage de près de 20.000 voitures. Une camionnette compte pour 30 véhicules.

Au vue de l'analyse effectuée, il est évident que le e-commerce impacte négativement les différentes externalités. Cependant, différentes solutions afin d'améliorer la situation existe. La dernière partie de ce mémoire consiste en une analyse de quatres solutions : la consolidation, la vélogistique, les drones et les pénalités.

Deux types de consolidation existe. Le premier, le centre de consolidation, consiste en un entrepôt situé à l'extérieur des villes. Tous les biens sont d'abord amenés là. Ensuite, des camions sont remplis des colis à livrer dans un seul quartier. Cela permet de réduire les distances parcourues et le nombre de trajets. Le deuxième type est l'approvisionnement collaboratif. Les différentes entreprises d'un même immeuble décident de commander ensemble les différents biens dont ils ont besoin comme des bidons d'eau par exemple. Cela permet d'éviter que le livreur vienne cinq fois différentes s'il y a cinq sociétés dans l'immeuble.

La vélogistique consiste en la livraison par vélo ayant une partie pour mettre les colis à livrer. Le coût d'achat est relativement faible ainsi que son coût d'usage : pas de pétrole et les taxes et assurances sont moins chères. Le vélo permet d'être plus rapide dans le trafic et peut emprunter des routes que les voitures ne peuvent pas.

L'usage des drones pour la livraison n'est pas encore une réalité. En effet, la législation ne permet pas encore son usage. De plus, cette solution serait logistiquement compliquée en ville. En effet, il y a plus d'obstacles et le drône devrait donc être plus performant et il existe moins de lieu pour déposer le colis. Nous pouvons supposer que son usage en milieu urbain prendra encore du temps.

La dernière solution envisagée est les pénalités. Nous en avons analysé deux différentes. La première, les pénalités à gauche, est un système déjà utilisé par UPS. Leur système ajoute une pénalité de vingt secondes au temps de parcours en cas de tournant vers la droite. Cela a permis à UPS à être plus performant : moins de camions et moins de litres d'essence. La deuxième est les pénalités dans les zones résidentielles. En fonction du type de zone dans laquelle se trouve la route, une pénalité sera imputée au temps de parcours afin d'éviter que les services de livraisons passent par des quartiers résidentiels.

Une analyse sur les externalités a été effectuée pour chacune des solutions proposées. Le tableau 12 ci-dessous reprend ses différentes valeurs.

	Pollution de l'air	Congestion	Bruit	Accidents	Usure voirie
Consolidation	-40% polluants	-52%	-1.6 dB	-11.2%	-156.970.906
Vélogistique	-85% CO2/km	-3.5% camionnettes	<55dB	-0.32%	-78.000
Drones	-0.345% à 0.81%	-0.5% camionnettes	< 55dB	-0.05%	-111.150
A gauche	-18T CO2	-1% camionnettes	?	-3.11%	-74.100
Par zones	-40% polluants	-50% camionnettes	?	-7%	$U2=(U1+x)/2$

TABLE 12: Récapitulatif des externalités pour les différentes solutions

Le centre de consolidation semble évidemment la solution la plus intéressante. Cependant, son financement requiert beaucoup de subsides.

En ce qui concerne la vélogistique, nous constatons que c'est une solution très avantageuse mais requiert un grand nombre de vélos.

Comme expliqué précédemment, les drones semblent, pour le moment, une solution un peu trop ambitieuse.

Du point de vue de la pénalité à gauche, nous remarquons que cela est bénéfique également pour la société mettant en place ce système. Pour la pénalité dans les zones résidentielles, nous pensons que cela déplacerait les externalités ailleurs mais permettrait une amélioration dans ces quartiers tout en impactant positivement plus de monde que négativement.

En conclusion, nous pouvons dire que le e-commerce impacte négativement les cinq externalités étudiées mais que différentes solutions existent permettant d'améliorer la situation dans différentes mesures.

Septième partie

Sources

Articles scientifiques

Atkinson R., Analitis A., Samoli E., Fuller G., Green D., Mudway I., Anderson H. Kelly F. (2016) *Short-term exposure to traffic-related air pollution and daily mortality in London, UK*. J Expo Sci Environ Epidemiol. 26(2) : 125–132

Batterman, S., Ganguly R., Harbin, P. (2015). *High resolution spatial and temporal mapping of traffic-related air pollutants*. Int. J. Environ. Res. Public Health 2015, 12, 3646–3666.

Bouland C., Bourbon C., De Villers J., Delisse G., Lecointre C. Onclincx F. (2018). *Impact du bruit sur la gêne, la qualité de vie et la santé*.

Desaigues B., Ami D., Bartczak A. & al. (2011). *Economic valuation of air pollution mortality : A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY)*. Ecological Indicators. Volume 11, Issue 3, May 2011, Pages 902-910

Hardin G. (1968). *The tragedy of the commons*.

Hofstede G., Hofstede G, Minkov M. (2010) *Cultures and Organizations : Software of the Mind*.

Im U., Brandt J., Geels C., Hansen K., Christensen J., al. (2018). *Assessment and economic valuation of air pollution impacts on human health over Europe and the United States as calculated by a multi-model ensemble in the framework of AQMEII3*. Atmospheric Chemistry and Physics, European Geosciences Union, pp.5967-5989.

Jacquesson L. (2017) *Modélisation de cartes sonores urbaines multi-sources à partir de données et logiciels libres*. Architecture, aménagement de l'espace.

Sartor K. (2011). *Le vélo électrique, un nouveau venu sur nos routes ?*

The Economist. (2019) *Drone deliveries are advancing in health care*.

VPF. (2017). *Business models for construction logistics optimisation and CCC introduc-*

tion.

Weirich C. (2012). *Cargobikes - the solution to urban congestion ? Current usage, future potential and impacts of an alternative way of short distance transportation.*

Zhang, Qiang, Jiang, Xujia, Tong, Dan, Davis, Steven J., Zhao, Hongyan, Geng, Guannan, Feng, Tong, Zheng, Bo, Lu, Zifeng, Streets, David G., Ni, Ruijing, Brauer, Michael, Van Donkelaar, Aaron, Martin, Randall V., Huo, Hong, Liu, Zhu, Pan, Da, Kan, Haidong, Yan, Yingying, Lin, Jintai, He, Kebin and Guan, Dabo (2017) *Transboundary health impacts of transported global air pollution and international trade*. Nature, 543 (7647). pp. 705-709.

Rapport

European Commission, (2018). *Digital Economy and Society Index 2018 report*. En ligne <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/digital-economy-and-society-index-2018-report>

European Commission (2019). *Handbook on the external costs of transport Version 2019*

Energie Wallonie, (2018). *Energie et ventilation, Annexe 5*.

IBSR, (2014). *Les accidents impliquant un camion*. En ligne <https://www.vias.be/publications/Ongevalle>

Journée Nationale de l'Audition. (2018). *Echelle des décibels et Anatomie de l'oreille* En ligne <https://www.journee-audition.org/pdf/guide-decibels.pdf>

National Academy of Sciences, (1962). *The AASHO Road Test : Report 1, History and Description of the Project. Special Report 61G*. En ligne <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr61g/>

OCDE, (2014). *Le coût de la pollution de l'air : Impacts sanitaires du transport routier* Editions OCDE, Paris, 2014

SPF Economie, (2014). *L'E-commerce un atout pour la durabilité de votre entreprise*. En ligne <https://economie.fgov.be/fr/publicaties/e-commerce-un-atout-pour-la>

SPF Mobilité, (2018). *Chiffres clés de la mobilité*. En ligne <https://mobilit.belgium.be/fr/mobilite/mobilite>

VIAS, (2018). *Baromètre de la sécurité routière*. En ligne <https://www.vias.be/fr/recherche/barometre-de-la-securite-routiere/question-2>

Livres

Lacka E., Chan H. Yip N. (2014). *E-commerce platform acceptance*. Suisse : Springer International Publishing

Robert M., (2013). *Vélogistique*. France : Carfree Editions

Zheng Q., Yang C., Shundong L. Fengxiang L. (2014). *E-commerce Strategy*. China : Zhejiang University Press

Cours

Jourquin B. (2017) *Transport et mobilité*.

TU Delft, (2019) Sustainable Urban Freight Transport : A Global Perspective.

Sites Internet

22Money, CNN, Why UPS Trucks never turn left, http://money.cnn.com/video/news/2010/12/13/n_csu_psi

AnchorVans. (s.d.). *Van specification*. En ligne https://www.anchorvans.co.uk/specifications/volkswagen_gNGWJf7zePyeCC4qhRDlBK39l6e0 consulté le 18/05/2019

Bikester. (s.d.). *Guide du vélo électrique. Moteur*. En ligne <https://www.fr.bikester.ch/guide-du-velo-electrique/moteur.html> consulté le 27/06/2019

Bruxelles Environnement. (2019). *Cartographie et exposition de la population* En ligne <https://environnement.brussels/thematiques/bruit/la-situation-bruxelles/cartographie-et-exposition-de-la-population> consulté le 25/07/2019

Cazin P. (s.d.). *Drones*. En ligne sur Universalis <https://www.universalis.fr/encyclopedie/drones/i0consult>

Climat.be. (s.d.) *Les émissions de CO2 des véhicules*. En ligne <https://www.climat.be/fr-be/politiques/politique-europeenne/transport/emissions-co2-des-vehicules> consulté le 21/06/2019

Climat-Data.org. (s.d.). *Climat Londres*. En ligne <https://fr.climate-data.org/europe/royaume-uni/angleterre/londres-1/> consulté le 15/06/2019

Climat-Data.org. (s.d.). *Climat Shanghai*. En ligne <https://fr.climate-data.org/asie/republique>

populaire-de-chine/shanghai/shanghai-5582/ consulté le 15/06/2019

Corroenne O. (2019). *Pneus et freins polluent plus que votre pot d'échappement*. En ligne sur le site de la RTBF https://www.rtb.be/info/dossier/bon-a-savoir/detail_pneus-et-freins-polluent-plus-que-votre-pot-d-echappement?id=10112509 consulté le 15/06/2019

Courbe, P. (2014). *Capteurs de poids pour les camions : efficaces, abordables et fiables !* En ligne sur le site web de la Fédération Inter Environnement Wallonie ASBL <https://www.iew.be/capteurs-de-poids-pour-les-camions-efficaces-abordables-et-fiables/> consulté le 18/05/2019

Dewitte D. (2019). *La vérité troublante sur les livraisons par drone*. En ligne sur Express Business <https://fr.express.live/livraison-par-drone-delaies/> Dominique Dewitte consulté le 13/06/2019

EDI Basics. (s.d.). *What is EDI (Electronic Data Interchange)*. En ligne <https://www.edibasics.com/what-is-edi/> consulté le 04/02/19

Encyclopédie Larousse. (s.d.). *Internet*. En ligne <https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/Internet/1> consulté le 02/01/2019

Fédération royale belge des Transporteurs et des Prestataires de services logistiques. (2014). *Quel est 10 ans plus tard l'impact de l'élargissement de l'UE sur le transport routier belge ?* En ligne <https://febeta.be/fr/2014/07/quel-est-10-ans-plus-tard-limpact-de-lelargissement-de-lue-sur-le-transport-routier-belge/> consulté le 28/05/2019

Folk E. (2019). *5 ways drones are impacting climate change*. En ligne sur Planet Watch <https://earthmaven.io/planetwatch/energy-economics/5-ways-drones-are-impacting-climate-change-lerpnFmyQkivLCCKwghHwA/?fbclid=IwAR21apdUQSG28NmKGqL6ErZurwNRPHBWskq248OP3FFcosKZXfbJTrE8z4> consulté le 27/06/2019

Geeroms, S. (2019). *2018, année record absolue pour l'e-commerce en Belgique : les Belges ont dépensé 10,67 milliards d'euros en ligne*. En ligne <https://www.becommerce.be/fr/presse/communiquede-presse/d/detail/2018-annee-record-absolue-pour-l-e-commerce-en-belgique-les-belges-ont-depense-10-67-milliards-d-eur>

GeoBeats News (2014), Why UPS Trucks Don't Make Left Turns, <https://www.youtube.com/watch?v=S> consulté le 10/06/2019

Geopunt Vlaanderen. (s.d.). *Kaart*. En ligne <http://www.geopunt.be/kaart?type=datasetdata=%5B%7EGetMap%20van%3A%20Geluidsbelasting%20wegverkeer%20Lnicht%202011%27%7D%5D%7D%5D>

Hofstede Insights. (s.d.). *Country comparison* <https://www.hofstede-insights.com/country-comparison/belgium,china,the-netherlands/> consulté le 20/06/2019

INRS. (s.d.) *Bruit*. En ligne <http://www.inrs.fr/risques/bruit/effets-sante.html> consulté le 16/06/2019

Jacopo Prisco, CNN (2017), Why UPS trucks (almost) never turn left, <http://edition.cnn.com/2017/02/10/trucks-no-left-turns/index.html> consulté le 10/06/2019

JCDecaux. (s.d.). *Villo ! en chiffres*. En ligne <https://www.jcdecaux-belux.com/fr/be/solutions-medias/villovillo-en-chiffres> consulté le 21/06/2019

La Banque mondiale. (s.d.). *Population rural (% de la population totale)*. En ligne <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SP.RUR.TOTL.ZS> consulté le 22/06/2019

Larousse. (s.d.) *Commerce*. En Ligne <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/commerce/17486?q> consulté le 02/01/2019

Le Monde. (2017). *Nous avons l'impression que les drones sont plus bruyants que les voitures*. En ligne https://www.lemonde.fr/pixels/article/2017/07/19/nous-avons-l-impression-que-les-drones-sont-plus-bruyants-que-les-voitures_5162523_408996.html

Le Soir. (2019). *Les camions d'Alibaba font peur aux Liégeois*. En ligne <https://www.lesoir.be/221307/article/2019-04-30/les-camions-dalibaba-font-peur-aux-liegeois?fbclid=IwAR1OD5QiQX3uf7CmVAHEqJb360NqXxD> consulté le 10/06/2019

LeMoniteurAutomobile.be. (s.d.), *Specifications Volkswagen Golf VII 5p e-Golf*. En ligne <https://www.moniteurautomobile.be/modele-intitule-annee-volkswagen-golf-5p-2019/specifications-techniques-dimensions-5376-e-golf.html> consulté le 18/05/2019

Lobet B. (2019). *Le bruit peut causer de graves problèmes de santé : "Quand on détruit l'oreille, on la détruit pour toujours"*. En ligne sur RTL Info <https://www.rtl.be/info/magazine/sante/le-bruit-peut-causer-de-graves-problemes-de-sante-que-dit-la-loi-1133397.aspx?dt=10:16> consulté le 16/06/2019

Pavement interactive. (s.d.). *AASHO road test*. En ligne <https://www.pavementinteractive.org/reference-desk/design/structural-design/aasho-road-test/> consulté le 18/05/2019

Portail Environnement-Santé de la Wallonie. (s.d.). *Son, bruit, hertz, décibels : de quoi parle-t-on ?* En ligne <http://environnement.sante.wallonie.be/home/au-quotidien/environnement-exterieur/bruit/son-bruit-hertz-decibels-de-quoi-parle-t-on.html> consulté le 30/05/2019.

Retis. (2018). *L'e-commerce en Belgique : statistiques*. En ligne <https://www.retis.be/introduction/statistiques-belgique/> consulté le 02/01/2019

SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie. (2019). *Commerce électronique*. En ligne <https://economie.fgov.be/fr/themes/line/commerce-electronique> consulté le 02/01/2019

StatBel. (2016). *Age moyen de la population : Belgique, régions, provinces*. En ligne <https://bestat.statbel.fgov.be/bestat/crosstable.xhtml?view=47d4f3be-0523-4a03-b062-819257075fff> consulté le 10/06/2019

StatBel. (2018). *Parc de véhicules*. En ligne <https://statbel.fgov.be/fr/themes/mobilite/circulation/parc-de-vehiculesnews> consulté le 24/05/2019

StatBel. (2019). *Tables de mortalité et espérance de vie*. En ligne <https://statbel.fgov.be/fr/themes/population-et-esperance-de-vie/tables-de-mortalite-et-esperance-de-vie> consulté le 11/06/2019

StatBel. (2019). *Structure de la population*. En ligne <https://statbel.fgov.be/fr/themes/population/structure-de-la-population> consulté le 10/06/2019

Tallano. (s.d.). *Technologie*. En ligne <http://www.tallano.eu/fr/technologie.html> consulté le 15/06/2019

Trends Tendances. (2019). *Uber lance les vélos électriques JUMP à Bruxelles*. En ligne <https://trends.levif.be/economie/entreprises/uber-lance-les-velos-electriques-jump-a-bruxelles/article-normal-1128115.html> consulté le 21/06/2019

Union Européenne. (s.d.). *Pays*. En ligne https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_fr?tab=0-1 consulté le 28/05/2019

UPS. (s.d.) *Faits et chiffres UPS sur le plan international*. En ligne <https://www.ups.com/be/fr/about/faits-et-chiffres> consulté le 25/06/2019

Van Breda. (s.d.), *Un transporteur avec une charge de 44 tonnes peut-il traverser la frontière française ?*. En ligne <https://www.vanbreda.be/fr/actualites/un-transporteur-avec-une-charge-44-tonnes-peut-il-traverser-la-frontiere-francaise/> consulté le 18/05/2019

Velobac. (s.d.). *Triporteur de livraison Bellabike Cargobox*. En ligne <https://www.velobac.be/fr/triporteur-utilitaire/152-triporteur-de-livraison-bellabike-cargobox.html> consultée le 12/06/2019

Wallonie. (s.d.) *La cartographie du bruit en Wallonie*. En ligne <http://geoapps.wallonie.be/CigaleInter/CTBruit> consulté le 28/05/2019

Vidéo

Re-thinking deliveries to save time and money[Vidéo]. (2015). Grande-Bretagne : Transport for London. En ligne <https://www.youtube.com/watch?v=okVO5GvUPZUapp=desktop> consulté le 08/06/2019

First prime air delivery. [Video]. (2016). Grande-Bretagne : Amazon Prime Air. En ligne <https://www.amazon.com/b?node=8037720011> consulté le 13/06/2019

Jeff Wilke keynote talk about drone delivery to homes, at re :MARS 2019. [Conférence]. Etats-Unis : Amazon News. En ligne <https://www.youtube.com/watch?v=rDj5mLtyx4o> consulté le 13/06/2019

Huitième partie

Annexes

A Variations des concentrations de pollution atmosphérique à Shanghai

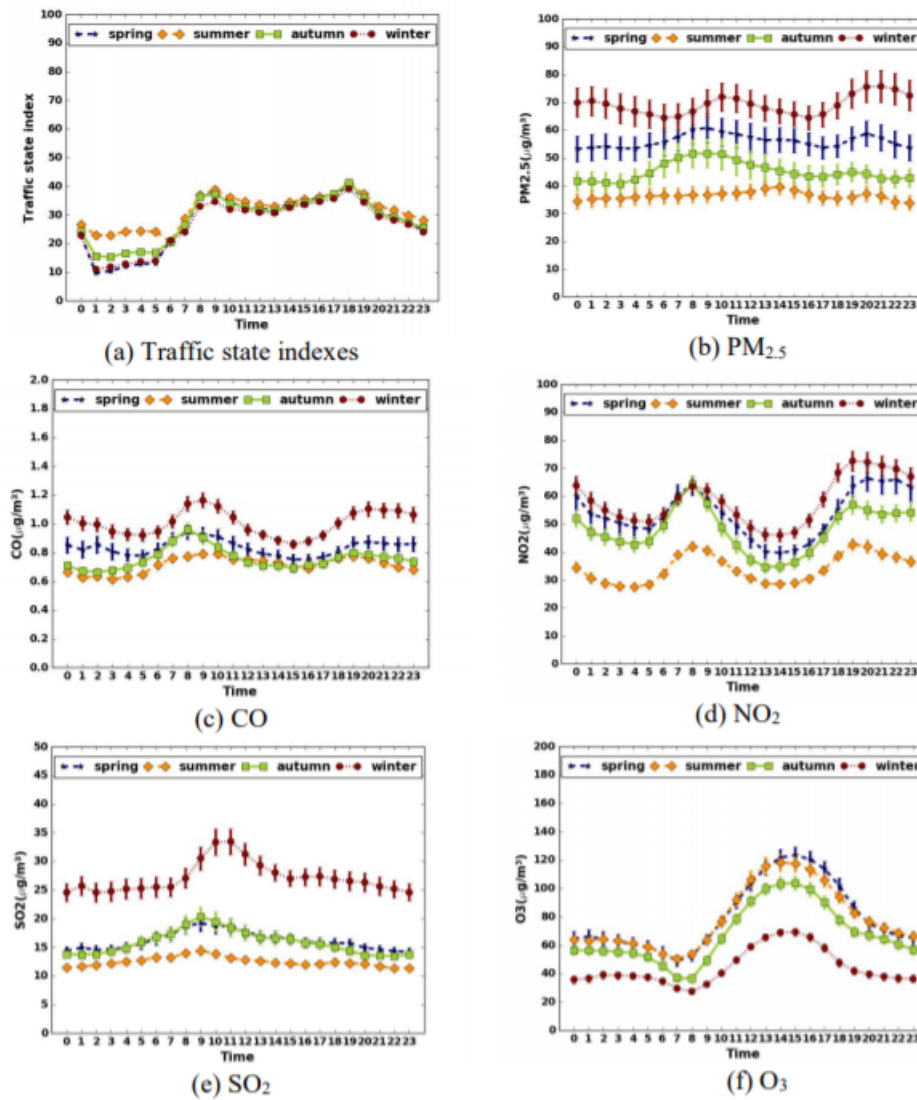


FIGURE 28: Variations des concentrations de pollution atmosphérique à Shanghai. (Climat-Data.org, s.d.).

B Variation de la mortalité totale, cardio-vasculaire et respiratoire associé à chaque polluant (%).

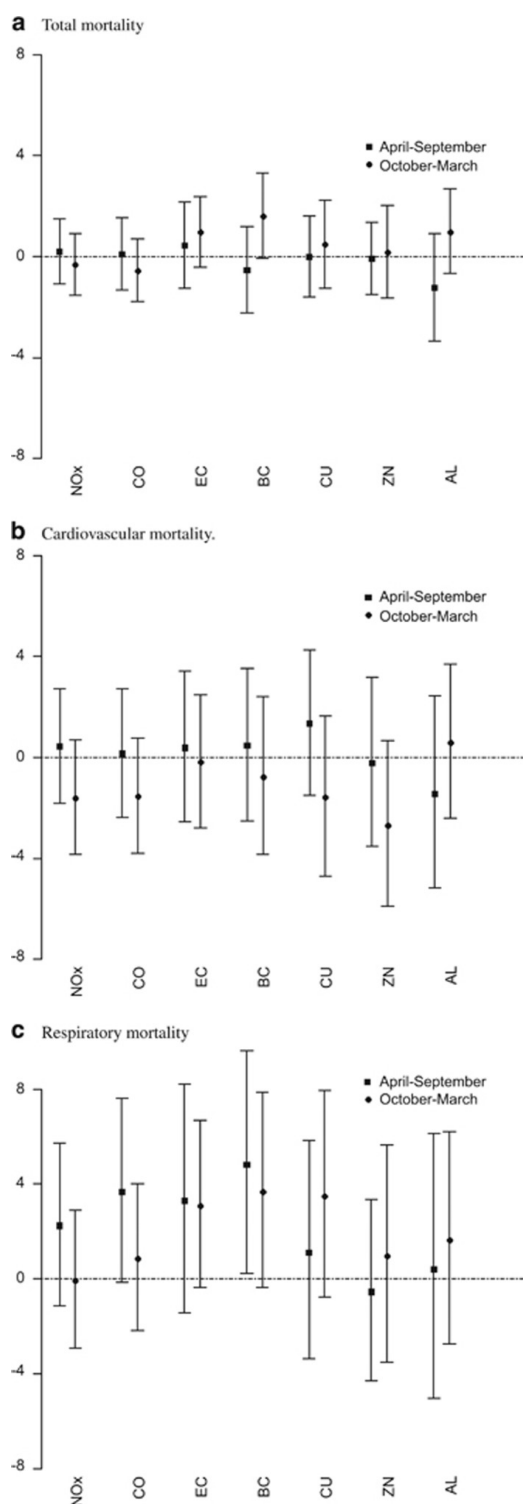


FIGURE 29: Variation de la mortalité totale, cardio-vasculaire et respiratoire associé à chaque polluant (%). (Atkinson & al., s.d) 77

C Coût des décès liés à la pollution atmosphérique pour chaque pays de l'OCDE

	2005			2010		
	Nb. de décès, n (d'après le tableau 2.4).	VVS 2005 millions USD ^{a)}	n x VVS, 2005 millions USD	Nb. de décès, n (d'après le tableau 2.4).	VVS 2010 millions USD ^{b)}	n x VVS, 2010 millions USD
Allemagne	51 155	3,085	157 788	42 578	3,48	148 182
Australie	882	3,38	2 981	1 483	3,925	5 821
Autriche	3 773	3,283	12 386	3 240	3,67	11 892
Belgique	6 341	3,17	20 104	5 811	3,504	20 361
Canada	6 989	3,397	23 742	7 469	3,657	27 312
Chili	1 329	1,505	2 000	1 398	1,923	2 688
Corée	21 127	2,404	50 783	23 161	3,027	70 117
Danemark	1 929	3,248	6 266	1 886	3,456	6 519
Espagne	16 182	2,785	45 074	14 938	3,059	45 691
Estonie	191	1,86	355	538	2,269	1 221
États-Unis	112 721	4,088	460 751	110 292	4,498	496 145
Finlande	402	3,052	1 227	450	3,319	1 494
France	18 457	2,96	54 633	17 389	3,155	54 863
Grèce	9 054	2,535	22 951	8 346	2,824	23 570
Hongrie	11 712	1,899	22 247	9 376	2,316	21 715
Irlande	528	3,677	1 942	713	3,751	2 674
Islande	19	3,388	64	22	4,456	98
Israël	2 656	2,44	6 480	2 548	2,922	7 445
Italie	36 314	2,857	103 764	34 143	2,995	102 274
Japon	61 173	3,031	185 426	65 776	3,068	201 813
Luxembourg	184	5,779	1 063	150	6,283	942
Mexique	17 954	1,483	26 631	21 594	1,811	39 109
Norvège	393	4,337	1 704	225	4,65	1 046
Nouvelle-Zélande	220	2,621	577	294	2,937	864
Pays-Bas	8 050	3,397	27 349	6 741	3,761	25 353
Pologne	29 679	1,608	47 729	25 091	2,098	52 631
Portugal	3 623	2,284	8 273	3 842	2,499	9 603
République slovaque	4 543	1,828	8 302	3 805	2,418	9 202
République tchèque	8 811	2,275	20 045	7 096	2,749	19 508
Royaume-Uni	28 345	3,258	92 345	24 064	3,554	85 524
Slovénie	1 044	2,462	2 570	900	2,898	2 608
Suède	1 048	3,21	3 364	1 077	3,502	3 771
Suisse	3 085	3,516	10 846	2 744	3,851	10 566
Turquie	28 045	1,381	38 725	28 924	2,024	58 548
Total OCDE	497 958		1 470 487	478 104		1 571 170

FIGURE 30: Coût des décès liés à la pollution atmosphérique pour chaque pays de l'OCDE. (OCDE,2014).

D Enquête sur le coût d'une année de vie

Responses to the question: "Are you aware that your consumption and lifestyle contribute to air pollution?".

Countries	No	Yes	I know but do not think about it	Missing
Switzerland	2%	87%	12%	0%
Czech Republic	9%	70%	20%	1%
Germany	6%	80%	14%	0%
Denmark	10%	90%	0%	0%
Spain	41%	52%	7%	0%
France	4%	78%	18%	0%
Hungary	8%	90%	0%	3%
Poland	13%	84%	3%	0%
UK	13%	97%	0%	0%
Pooled data	9%	81%	10%	0%

FIGURE 31: Première question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).

Distribution (in %) of answers to the question: "Are you willing to accept a higher cost of living, therefore an increase in your daily expenses, to gain an increase in your life expectancy?" (see text for definition of the reply options 1–8).

Countries	1	2 protest	3	4	5 protest	6	7	8	Missing
Switzerland	70	8	5	3	7	5	2	0	0
Czech Rep.	80	7	4	1	0	5	0	0	2
Germany	74	11	6	3	3	3	0	0	0
Denmark	96	0	3	1	0	1	0	0	0
Spain	50	7	10	11	15	7	0	0	0
France	77	6	8	4	4	1	0	0	0
Hungary	71	6	14	3	5	2	0	0	0
Poland	63	11	13	5	3	1	3	1	0
UK	93	0	0	1	1	2	0	0	3
Pooled data	76	7	7	3	4	3	1	0	1

FIGURE 32: Deuxième question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).

Analysis of protest responses (for 3 month LE gain).

Countries	Sample (N)	WTP = 0 (% of total)	Protest (% of WTP = 0)	WTP = 0 (% of total, protest removed)
Switzerland	179	31	49	18
Czech Republic	229	19	34	14
Germany	300	29	48	17
Denmark	136	4	0	4
Spain	100	53	42	40
France	101	35	29	27
Hungary	118	31	35	23
Poland	150	38	39	27
UK	150	7	18	6
Pooled data	1463	26	39	18

FIGURE 33: Troisième question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).

Monthly WTP for 3 months life expectancy gain, excluding protest responses (€/month, Purchase Power Parity (PPP) adjusted).

Countries	Sample (N)	Median (€)	Mean (€)
Switzerland	148	12.42	27.22
Czech Rep.	213	8.98	27.82
Germany	254	21.52	37.86
Denmark	134	22.62	41.86
Spain	78	11.1	25.39
France	91	9.37	22.49
Hungary	105	3.38	14.18
Poland	128	8.56	18.48
UK	148	10.91	21.53
Pooled data	1299	11.95	27.91

FIGURE 34: Quatrième question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).

Comparison of Mean WTP for 3 and 6 month LE gains (€/month Purchase Power Parity (PPP) adjusted).

Country	6 month LE gain		3 month LE gain		Ratio 6 month/3 month
	Protesters deleted	Protesters and outliers deleted	Protesters deleted	Protesters and outliers deleted	
Switzerland	32.6	29.3	27.2	23.7	1.2
Czech Rep.	35.8	35.8	27.8	27.8	1.3
Germany	50.0	39.3	37.9	30.2	1.3
Denmark	46.5	37.8	41.9	33.7	1.1
Spain	32.4	27.4	25.4	22.8	1.2
France	34.0	34.0	22.5	22.5	1.5
Hungary	19.3	19.3	14.2	14.2	1.4
Poland	25.8	25.8	18.5	18.5	1.4
UK	29.7	27.9	21.5	19.7	1.4
Pooled data	36.0	32.0	27.9	24.7	1.3

FIGURE 35: Cinquième question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).

Responses to: "Are you confident in your WTP answer?".

Countries	Yes	No	Missing
Switzerland	64%	5%	31%
Czech Republic	83%	7%	9%
Germany	60%	15%	26%
Denmark	82%	17%	1%
Spain	1%	49%	50%
France	65%	35%	0%
Hungary	72%	0%	28%
Poland	57%	6%	37%
UK	79%	14%	7%
Pooled data	65%	14%	21%

FIGURE 36: Sixième question de l'enquête sur le coût d'une année de vie. (Desaigues B. & al., 2011).

E Réponses enquête WTP Belgique

Voici les questions liées à chaque colonne :

Consommer à un impact sur la pollution de l'air ? = Etes-vous conscient que votre manière de consommer à un impact sur la pollution de l'air ?

Nuisances sonores = Etes-vous conscient que les nuisances sonores ont un impact sur votre santé ?

Accepter une augmentation du coût de la vie = Êtes-vous disposé à accepter une augmentation du coût de la vie afin d'augmenter votre espérance de vie (+6mois) ? Avec comme réponses :

Oui

Non, diminution de la pollution = Non, je suis seulement intéressé(e) par la diminution de la pollution

Non, quelqu'un d'autre devrait payer (entreprises par exemple) = Non, quelqu'un d'autre devrait payer (entreprises par exemple)

Non, ce n'est pas possible = Non, ce n'est pas possible d'augmenter l'espérance de vie en payant plus

Non, pas de raison spécifique

Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas

Non, contrainte budgétaire

Non, pas intéressé(e) = Non, je ne suis pas intéressé(e) par vivre plus longtemps

Combien = Combien seriez-vous prêt à payer en plus, MENSUELLEMENT, afin d'augmenter votre espérance de vie de 6 mois ? (en €/par mois)

Sexe	Age	Impact pollution de l'air	Nuisances sonores	Augmentation du coût de la vie	Combien
H	27	Oui mais je n'y pense pas	Oui mais je n'y pense pas	Oui	10
H	28	Non	Non	Non, pas intéressé(e)	0
H	22	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	100
F	30	Oui mais je n'y pense pas	Oui	Oui	20
H	24	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Oui	10
F	24	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0
H	24	Oui	Non	Non, pas intéressé(e)	0
F	24	Oui	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
F	22	Oui	Non	Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas	5
F	28	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0
F	24	Oui mais je n'y pense pas	Non	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
H	59	Oui	Oui	Oui	5
H	23	Oui	Oui	Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas	0
H	24	Oui	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
F	23	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0
H	22	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	15
F	26	Oui	Non	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
H	23	Oui mais je n'y pense pas	Non	Oui	100
F	26	Oui	Oui	Oui	Pas de prix défini
F	31	Oui	Oui	Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas	0.5
F	25	Oui	Oui	Non, ce n'est pas possible	
H	24	Oui	Oui	Oui	100
H	35	Oui	Oui	Non, ce n'est pas possible	
F	30	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0
F	45	Oui	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
F	50	Oui	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
F	24	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
F	58	Oui	Oui	Oui	20
H	22	Oui	Oui	Oui	10
F	23	Oui	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
H	25	Oui mais je n'y pense pas	Oui	Oui	1000
F	22	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	3
F	22	Oui	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
F	22	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
F	22	Oui	Non	Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas	0, l'esperance de vie ne devrait pas être du ressort de l'individu.
F	23	Oui mais je n'y pense pas	Non	Oui	200
H	26	Oui mais je n'y pense pas	Oui mais je n'y pense pas	Non, diminution de la pollution	Aucune idée
H	23	Oui	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	

H	24	Oui mais je n'y pense pas	Oui	Non, pas de raison spécifique	00
F	22	Oui	Non	Non, diminution de la pollution	2
F	32	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0
H	23	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas	5
F	28	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0€
F	60	Oui	Oui	Non, pas de raison spécifique	20
H	23	Oui	Non	Non, diminution de la pollution	10
F	23	Oui	Oui	Non, contrainte budgétaire	30
F	45	Oui	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
H	23	Oui	Non	Non, diminution de la pollution	Je ne suis pas intéressé de vivre plus longtemps, mais la réduction générale de la pollution pour les générations futures m'intéresse ----> 65 €/mois
H	23	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
H	21	Oui mais je n'y pense pas	Oui mais je n'y pense pas	Non, ce n'est pas possible	
F	23	Oui	Non	Non, diminution de la pollution	0
H	24	Oui mais je n'y pense pas	Oui mais je n'y pense pas	Non, ce n'est pas possible	
F	21	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	20
F	23	Oui	Oui	Non, contrainte budgétaire	5
F	23	Oui	Oui	Oui	1 euro
H	25	Oui	Oui	Oui	50
H	24	Oui	Oui	Non, contrainte budgétaire	200
H	23	Oui	Oui	Oui	50
F	26	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Oui	5
F	47	Oui	Non	Oui	100
H	24	Oui	Oui	Non, ce n'est pas possible	
H	23	Oui	Oui	Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas	6
F	23	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	6
F	26	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Non, ce n'est pas possible	
H	27	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0
F	24	Oui	Oui	Oui	20
F	24	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Oui	30
F	49	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Non, diminution de la pollution	20
H	27	Oui mais je n'y pense pas	Non	Non, pas intéressé(e)	0
F	29	Oui	Oui	Oui	200
F	57	Oui	Oui	Oui	15
H	61	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0
F	23	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
H	23	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0
F	44	Oui mais je n'y pense pas	Non	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	

H	34	Oui	Oui	Oui	C'est compliqué à chiffrer. Avant de me prononcer concrètement, il faudrait savoir quelles sont les implications de cette augmentation de coût. Par exemple, si on parle de taxe environnementale sur les entreprises et que cette taxe se répercute directement sur le consommateur, ce n'est pas acceptable parce que l'entreprise ne paye rien, au final. Donc, je serais tout à fait disponible à renoncer à une partie de mon confort physique, accepter que les biens de consommations soient taxés selon leur impact environnemental, si je savais que le consommateur ne devait pas être le seul impacté par la taxe. Mais, pour me prêter au jeu du questionnaire, je dirais 10 euros par mois par tranche de 6 mois.
F	22	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Non, pas intéressé(e)	Rien
H	23	Oui	Non	Oui	75
H	25	Oui	Non	Oui	2
H	58	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0€
H	24	Oui	Oui	Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas	1
F	61	Oui	Oui	Oui	50
H	25	Oui mais je n'y pense pas	Oui mais je n'y pense pas	Oui	100
H	62	Oui	Oui	Oui	100€
F	54	Oui	Oui	Oui	50€
F	61	Oui mais je n'y pense pas	Oui mais je n'y pense pas	Non, diminution de la pollution	0
H	61	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0
F	53	Oui	Oui	Oui	100
H	58	Oui mais je n'y pense pas	Oui	Non, diminution de la pollution	50
F	37	Oui mais je n'y pense pas	Oui	Non, ce n'est pas possible	
F	22	Oui mais je n'y pense pas	Non	Non, diminution de la pollution	1
H	58	Oui	Oui	Oui	20
F	51	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0
H	29	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
H	64	Oui	Oui	Oui	50
H	65	Oui mais je n'y pense pas	Non	Non, ce n'est pas possible	
H	52	Oui	Oui	Non, pas de raison spécifique	0
F	47	Oui mais je n'y pense pas	Oui	Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas	Ce n'est pas une question d'argent mais de qualité de vie !
F	50	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0

H	51	Oui	Non	Non, diminution de la pollution	20
H	50	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	0
H	39	Oui mais je n'y pense pas	Oui mais je n'y pense pas	Non, pas de raison spécifique	0
H	59	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	50
F	28	Oui	Oui	Oui	15
F	58	Oui mais je n'y pense pas	Non	Non, ce n'est pas possible	
F	65	Oui	Oui	Non, pas de raison spécifique	0
F	49	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	10
H	60	Oui	Oui	Non, diminution de la pollution	mon espérance de vie n'a aucun intérêt à l'inverse de celle de l'humanité toute entière
H	28	Oui mais je n'y pense pas	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
F	63	Oui	Oui	Oui	500
F	37	Oui	Oui	Oui	30
F	53	Oui	Non	Non, diminution de la pollution	0
F	51	Oui mais je n'y pense pas	Oui	Oui	80
H	37	Non	Non	Non, pas de raison spécifique	0
H	30	Oui mais je n'y pense pas	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
F	28	Oui	Oui	Non, contrainte budgétaire	0
H	29	Oui	Oui	Non, ce n'est pas possible	
H	38	Oui	Non	Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas	3
H	51	Oui	Oui	Non, pas intéressé(e)	0
H	64	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Oui	50€
H	51	Oui	Non	Oui	20
F	51	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Oui	50
F	53	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Oui	30
H	57	Oui	Oui	Oui	25
H	57	Oui	Oui	Non, ce n'est pas possible	
H	63	Oui	Oui mais je n'y pense pas	Non, ce n'est pas possible	
H	22	Oui	Oui	Non, pas intéressé(e)	0
F	34	Oui	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	
F	57	Oui	Oui	Non, ce n'est pas possible	
H	58	Oui	Oui	Oui	100
F	43	Oui	Oui	Oui	1
F	55	Oui mais je n'y pense pas	Oui mais je n'y pense pas	Non, diminution de la pollution	Ce qui serait raisonnable dans le monde actuel
H	28	Oui mais je n'y pense pas	Oui mais je n'y pense pas	Oui	10
H	37	Oui	Oui	Non, gagner 6 mois ne m'intéresse pas	0.2
H	25	Oui	Oui	Non, quelqu'un d'autre devrait payer	

F Milliards de kilomètres parcourus en 2017 pour chaque type de véhicule belge

KILOMETRAGE PARCOURU PAR CATEGORIE DE VEHICULE EN 2017 (Belgique)

Méth. = (1) Km déterminé par classe d'âge : voir graphiques séparés
(2) Km égal à la moyenne des (kilométrage total / durée de vie)

Catégorie de véhicule [category UNECE]	Carburant	Nombre de véhicules (31/12/2017)	Age moyen	Kilométrage moyen	Km en 2017 par véhicule (sur base annuelle)	Méth.	Nombre total de véhicules (2017)	Km en 2017 par véhicule (réel)	Nombre total de kms (2017, milliards)
Voitures [cat. M1]	Essence	2.449.902	10,6	80.187	9.861	(1)	2.587.827	8.854	22,911
	Diesel	3.299.580	7,4	121.646	18.480	(1)	3.606.473	16.833	60,706
	LPG	15.688	16,7	202.238	14.150	(1)	17.661	13.243	0,234
	Gaz nat.	7.051	2,3	40.029	21.185	(1)	7.124	16.919	0,121
	Electr.	7.548	2,0	34.131	18.951	(1)	8.021	15.375	0,123
	Autre	18.858	64,9		0		18.923	0	0
	Total	5.798.627	9,0	103.739	14.770		6.246.029	13.464	84,095
Véh. utilitaire léger [cat. N1]	Essence	37.295	20,6	101.188	6.775	(1)	38.731	6.297	0,244
	Diesel	687.807	7,8	122.078	17.453	(1)	737.175	16.239	11,971
	LPG	10.416	13,5	170.894	15.255	(1)	11.151	14.584	0,163
	Gaz nat.	1.785	2,4	36.158	15.113	(1)	1.822	13.678	0,025
	Electr.	776	4,1	22.048	6.447	(1)	819	5.964	0,005
	Autre	2.936	66,3		0		2.946	0	0
	Total	741.015	8,7	120.917	16.798		792.644	15.653	12,407
Camion [cat. N2, N3]	Essence	2.583	58,9		0		2.635	0	0
	Diesel	95.810	14,3	287.100	21.411	(1)	102.898	19.997	2,058
	LPG	217	27,3	354.219	10.365	(2)	229	9.194	0,002
	Gaz nat.	124	2,5	43.094	15.203	(2)	125	12.892	0,002
	Electr.	11	9,7	148.876	2.031	(2)	12	1.354	0
	Autre	4.386	68,6		0		4.387	0	0
	Total	103.131	17,7	267.532	19.932		110.286	18.691	2,061
Tracteur de semi-remorque [cat. N3]	Essence	240	59,9		0		241	0	0
	Diesel	44.310	8,7	430.129	68.971	(1)	49.694	61.926	3,077
	LPG	17	35,2		0		20	0	0
	Gaz nat.	30	1,5	137.712	96.284	(2)	31	75.453	0,002
	Electr.	3	54,7		0		3	0	0
	Autre	3.708	65,5		0		3.715	0	0
	Total	48.308	13,3	394.616	63.323		53.704	57.346	3,080
Autobus ou autocar [cat. M2, M3]	Essence	118	50,7		0		122	0	0
	Diesel	15.762	10,7	364.266	38.665	(1)	16.962	36.220	0,614
	LPG	0					0		
	Gaz nat.	5	18,4	285.944	13.398		5	13.398	0
	Electr.	7	4,7	33.175	2.906	(2)	7	4.296	0
	Autre	92	59,6		0		92	0	0
	Total	15.984	11,3	359.310	38.133		17.188	35.749	0,614

FIGURE 37: Milliards de kilomètres parcourus en 2017 pour chaque type de véhicule belge. (VIAS, 2018).

G Cartes du bruit

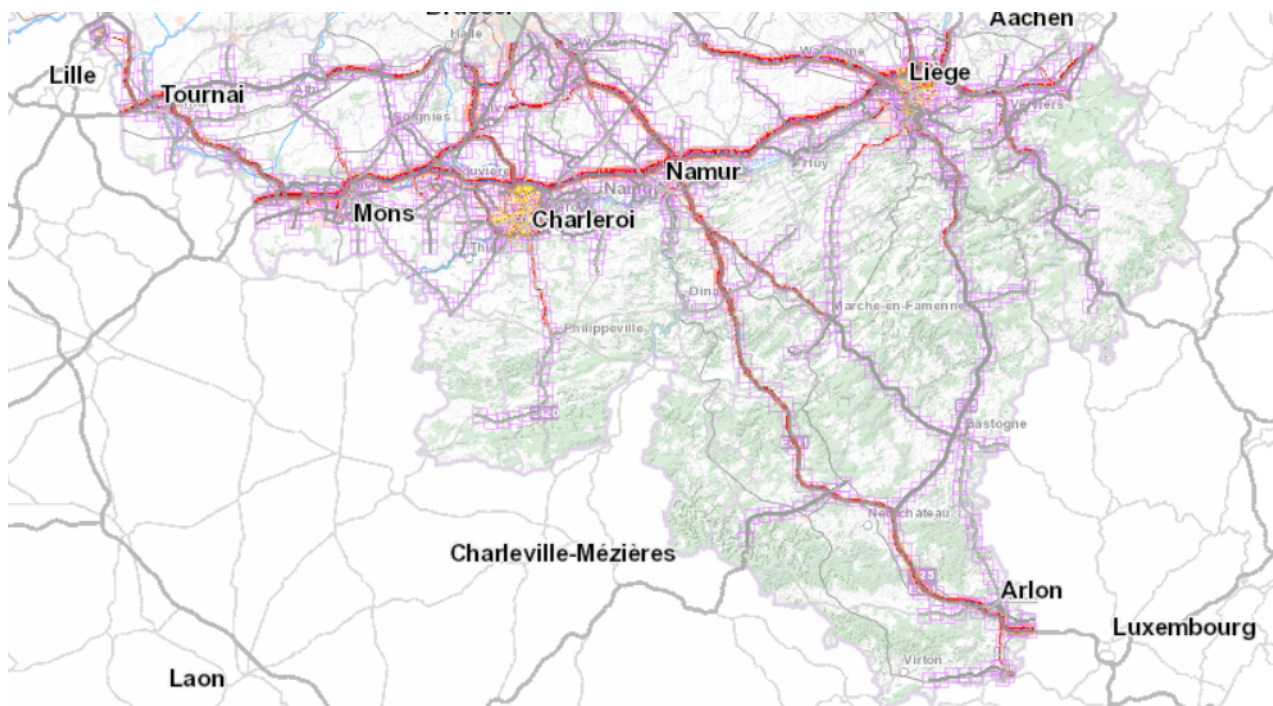


FIGURE 38: Carte de bruit Wallonie. (Wallonie, s.d.)

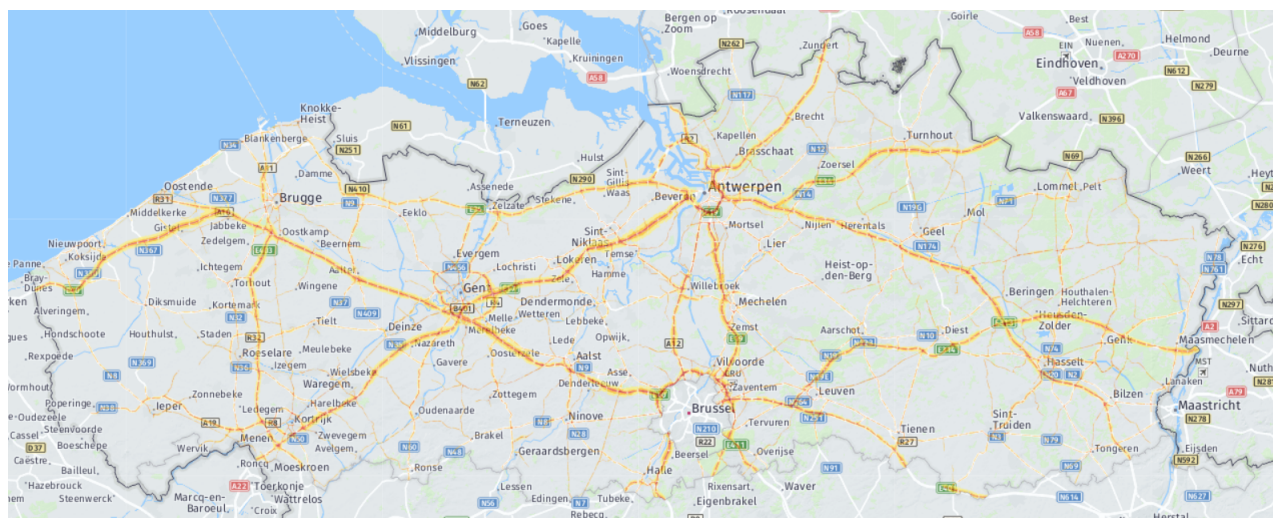


FIGURE 39: Carte de bruit Flandre. (GeoPunt Vlaanderen, s.d.)

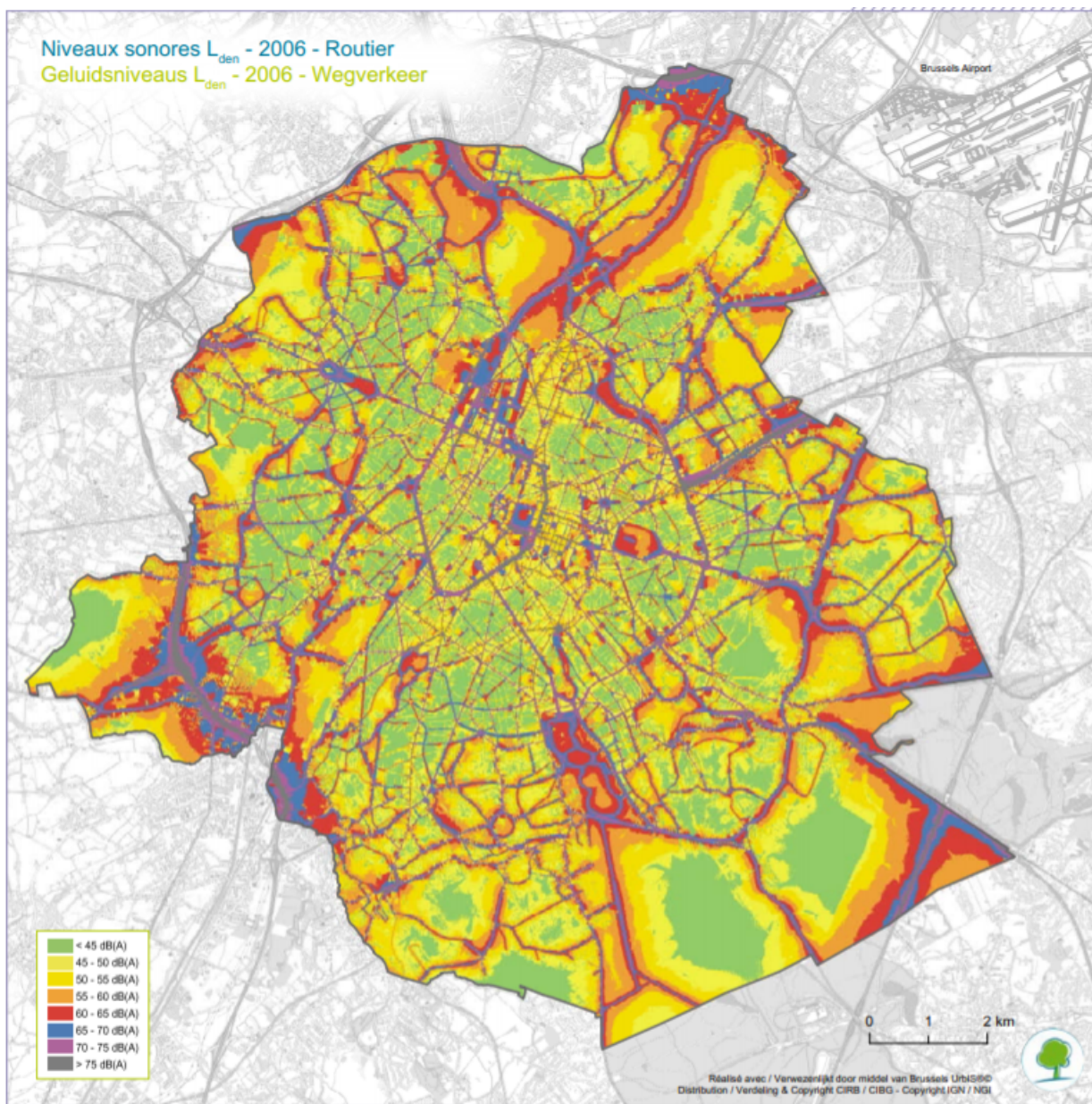


FIGURE 40: carte de bruit Bruxelles. (Bruxelles Environnement, 2019).

H Echelle des décibels



FIGURE 41: Echelle des décibels réalisée par l'association JNA. (Journée Nationale de l'Audition, 2018).

I Types de vélo-cargo

Type of bicycle	Length of bike[m]	Width of bike[m]	length of loading area [cm]	Width of loading area [cm]	Weight [kg]	Weight capacity [kg]
Traditional, normal bicycle	1.6 – 1.9	0.75 (handlebar)	-	-	15-20 (Bleicher, 2012)	100 (including driver and bike) (Bleicher, 2012)
Child carriage (Croozer, n.d.)	1.13 (adding to bicycle)	0.9	58 (“legroom”)	70 (“maximum shoulder width”)	15.3	45
Cargo carriage (Croozer, n.d.)	0.89 (adding to bicycle)	0.69	77	50	11.4	30
Bakers bike (Uwe Jaekel GmbH, n.d.)	Similar to normal bicycle	0.75 (handlebar)	27-35	47	-	25 (front rack)
“Long John” type (Larry vs Harry, 2007)	2.45	0.75 (handlebar)	60	47	24	100 w/o driver
Two-wheeler cargobike (Bakfiets.nl, n.d. b)	2.55 (long) 2.25 (short)	0.75 (handlebar)	72 (long) 43 (short)	45	-	100 w/o driver
Three-wheeler cargobike (Christiania Bikes, n.d.)	2.08	0.85	88	62	35	100 w/o driver
Four-wheeler cargobike (Vrachtfiets, 2011a)	3.2	1.1	200	100	-	400 w/o driver
Smart Fortwo (Anderson, 2012)	2.70	1.60	50	100	-	270

FIGURE 42: Comparaison entre différents vélos et vélos-cargos. (Weirich C., 2012).

J Analyse des différents centre de consolidation

	Pollution de l'air	Congestion
Stockholm	CO2 NO PM : -90%	De 64 à 24 km /livraison De 60 à 6 min pour un trajet
Old London	CO2 : - 70-80%	- 3000 véhicules livraisons 2h de temps de trajet gagné
New London	CO2 : 80%	-68% de véhicules entrant 2h pour effectuer la livraison
Wembley	Moins de CO2	66% en moins de circulation
Wincanton (en 9 mois)	32820 litres 53% en - de CO2 86330 KG de CO2 en moins	-35452 km-véhicule -80% de véhicules de livraison
La Petite Reine Paris (Réduction de)	156248 litres de diesel 112T CO2 1,43 T CO 280 kg NO	
Bristol (Réduction de)	20,3 T CO2 660 kg NO 19,7 Kg PM10	70% de trajets - 20 min / livraison
Monaco (Réduction de)	26% d'essence 25% NO 35% CO 26% SO 26% CO2	38% de congestion 42% d'espace gagné
Nijmegen	Réduction de 40% de polluants	Moins de congestion
Barcelone	0,54l par livraison 0,21 kg CO2 par livraison	- 1,81 km / livraison 533h sauvées par an
Valence	0,21l d'essence par livraison 0,14 kg CO2 par livraison	- 0,71 km / livraison - 341h / an
Padua (Réduction de) (En 2 ans)	219,65 T CO2 369 kg NO 72,8 kg SO 210,4 kg VOC 51,4 kg PM 58200 l essence	561 400 km 1216 km/jour
Lucca (Réduction de) (En 5 ans)	270 T CO2 1,2T CO 160 kg NO 100 kg PM	- de véhicules

TABLE 13: Analyse des différents centres de consolidation en Europe (VPF, 2017)

