

Louvain School of Management

Impact d'une taxe carbone sur les choix logistiques des entreprises du commerce électronique

Analyse de cas intercontinental et mondial

Autrice : Lisman Angélie
Superviseuse : Lamensch Marie
Année académique 2020-2021

Ce mémoire représente l'aboutissement de mes études supérieures et apporte un point final à une spécialisation dans la Supply Chain Management avec aspect financier.

Je tenais à remercier ma promotrice, Madame Marie Lamensch, pour l'aide apportée tout au long de ce mémoire.

Je voudrais également remercier l'ensemble des participants qui ont répondu positivement à ma demande d'aide en répondant à un formulaire en ligne permettant d'élaborer mes différents cas d'analyse.

-----TABLE DES MATIERES-----

I. INTRODUCTION.....	1
PARTIE I – REVUE DE LA LITTERATURE	3
I. LE COMMERCE INTERNATIONAL ET SON IMPACT ENVIRONNEMENTAL	3
I.I. Le fonctionnement du commerce international.....	3
I.I.I. <i>Définition et évolution du commerce international</i>	<i>3</i>
I.I.II. <i>Acteurs et axes principaux du commerce international actuel.....</i>	<i>4</i>
I.I.III. <i>Le transport, rôle fondamental dans le commerce international.....</i>	<i>5</i>
I.II. L’impact environnemental du commerce international.....	6
I.II.I. <i>L’impact environnemental majeur.....</i>	<i>6</i>
I.II.II. <i>Le rôle principal du transport dans l’impact environnemental.....</i>	<i>8</i>
I.III. Le commerce électronique et le rôle de la distribution.....	9
I.III.I. <i>Emergence du commerce électronique.....</i>	<i>9</i>
I.III.II. <i>Importance du système logistique</i>	<i>11</i>
I.III.III. <i>Impact environnemental du commerce électronique.....</i>	<i>12</i>
II. UNE FISCALITE ENVIRONNEMENTALE.....	13
II.I. La taxe carbone, introduction d’une taxation environnementale	13
II.I.I. <i>Le CO2, source du réchauffement climatique</i>	<i>13</i>
II.I.II. <i>Comment améliorer l’impact environnemental.....</i>	<i>13</i>
II.I.III. <i>Type de taxation d’une taxe carbone</i>	<i>14</i>
II.II. Mise en place d’une taxe carbone	15
II.II.I <i>Evolution de la mise en place d’une taxe carbone</i>	<i>15</i>
II.II.II <i>Fiscalité nationale versus mondiale</i>	<i>17</i>
II.III. Le système fiscal et le commerce électronique	18
II.IV. A la recherche d’un accord international.....	19
II.IV.I. <i>Les principales causes de la réticence fiscale</i>	<i>19</i>
II.IV.II. <i>Conséquence - Accord non international.....</i>	<i>20</i>
II.IV.III. <i>Comment élaborer une taxe carbone acceptable globalement ?</i>	<i>21</i>
II.IV.IV. <i>Introduction d’une taxe carbone pour le commerce électronique.....</i>	<i>22</i>
PARTIE II – ANALYSE DE CAS.....	24
I. PREREQUIS A L’ANALYSE DE CAS	24
I.I. Les éléments du coût de transport	24
I.II. Les choix logistiques influencés par la taxe carbone	26
I.II.I. <i>Hiérarchie du coût des différents moyens de transport sans taxe carbone.....</i>	<i>26</i>

I.II.II.	<i>Hiérarchie du coût des différents moyens de transport avec taxe carbone.....</i>	27
I.II.III.	<i>En théorie versus en pratique</i>	28
I.III.	Modèle d'optimisation logistique des cas d'analyses	29
II.	MODELISATION – CAS INTERCONTINENTAL VERSUS MONDIAL.....	30
II.I.	Cas n°1 – Commerce intercontinental : Zalando.....	30
II.I.I.	<i>Introduction à l'entreprise Zalando.....</i>	30
II.I.II.	<i>Données utiles à l'analyse</i>	31
II.I.III.	<i>Analyse de la situation actuelle sans taxe carbone</i>	34
II.I.IV.	<i>Analyse des conséquences de la taxe carbone sur la situation actuelle.....</i>	36
II.II.	Cas n°2 – Commerce mondial : Entreprise de type Amazon.....	37
II.II.I	<i>Introduction à l'entreprise Amazon</i>	37
II.II.II.	<i>Données utiles à l'analyse</i>	38
II.II.III.	<i>Analyse de la situation actuelle sans taxe carbone</i>	41
II.II.IV.	<i>Analyse des conséquences de la taxe carbone sur la situation actuelle.....</i>	42
III.	STRATEGIES D'ADAPTATION FACE AUX ATTENTES DES CONSOMMATEURS 44	
III.I.	Les attentes principales des consommateurs	44
III.II.	Réévaluation des choix logistiques avec taxe carbone	47
III.II.I.	<i>Analyse de trois scénarios plausibles</i>	47
III.II.II.	<i>La stratégie choisie sur base des analyses de scénarios</i>	51
III.III.	Analyse de voies d'améliorations du système logistique avec taxe carbone.....	52
III.III.I.	<i>Analyse de voie d'amélioration n°1 – Investir dans un transport moins énergivore</i>	52
III.III.II.	<i>Analyse de voie d'amélioration n°2 – Investir dans un/des entrepôt(s)</i>	54
III.III.III.	<i>Analyse de voie d'amélioration n°3 – Réduction de la gamme de produit.....</i>	56
III.III.IV.	<i>Analyse de voie d'amélioration n°4 – Offre exclusive en livraison points relais.....</i>	57
III.III.V.	<i>Conclusion des 4 analyses.....</i>	58
	PARTIE III – CONCLUSION	60
	PARTIE IV – BIBLIOGRAPHIE	62
	PARTIE V – ANNEXES	70

I. INTRODUCTION

Dès le 19^{ème} siècle, l'importation et l'exportation de biens et de services ont augmenté d'un multiple de 25 et la production mondiale d'un multiple de 2,2 (Rainelli, 2003). L'organisation mondiale du commerce (2013) a ainsi déclaré une hausse moyenne de 7% du commerce international par an durant ces 30 dernières années. L'émergence d'Internet a permis l'ouverture sur un marché nouveau, « le commerce électronique », permettant la vente internationale en ligne en toute simplicité et contribuant ainsi de manière significative à cette hausse. Cette nouvelle tendance a multiplié par un facteur de trois le PIB relatif à ce nouveau commerce, passant de 0,54% en 2009 à 1,61% en 2018 (Nicolas, 2020). Il en va de soi qu'une telle offre de biens et de services internationaux requiert un taux de transport de marchandises élevé. Cette distribution massive représente une externalité négative pour l'environnement en contribuant grandement à l'augmentation du CO2 mondial. En effet, les émissions de dioxyde de carbone sont passées de 20.516 millions de tonnes en 1990 à 33.513,3 millions de tonnes en 2018 (IEA, 2021). Plus spécifiquement, l'OECD (2016) déclare le transport responsable d'un quart des émissions mondiale de CO2 dont 30% provient du fret de marchandises. Le marché électronique actuel caractérisé par un transport de biens en forte expansion résulte donc au fil du temps en une détérioration de l'environnement.

Environnementalement parlant, le réchauffement climatique est devenu un sujet essentiel ces dernières années et a abouti au "Protocole de Kyoto" ayant pour objectif de limiter ou réduire les émissions de gaz à effet de serre. Néanmoins, à l'élaboration, ce dernier ne prenait pas en considération les transports internationaux. Etant donné la prise de conscience de l'impact environnemental de ce secteur, les dirigeants de sociétés recherchent une solution générale à la réduction de ces externalités émergentes. De là est apparue l'idée d'une taxation ou fiscalité environnementale appelée "la taxe carbone". Cette dernière a pour objectif de taxer l'émission de CO2 à la tonne émise. Bien que difficilement acceptable partout dans le monde étant donné l'adhésion unanime exigée par l'implémentation d'une taxe, elle pourrait avoir des conséquences sur le commerce d'aujourd'hui. De plus, entre le commerce local et le commerce international, ce dernier sera d'autant plus impacté compte tenu de son taux de distribution important. En effet, si une taxe carbone sur le secteur du transport entre en application, elle aura probablement des conséquences lourdes sur les entreprises reposant sur un modèle logistique international et donc plus particulièrement sur le nouveau commerce, « le commerce électronique ».

Dans ce mémoire, nous voulons étudier l'impact qu'une taxe carbone spécifique au secteur du transport pourrait avoir sur les entreprises du commerce électronique. Ce marché en ligne repose principalement sur un système logistique incluant des transports internationaux comme activité principale. Nous voulons donc cibler l'étude plus précisément sur les choix logistiques des entreprises du E-commerce. En effet, la taxe introduite est calculée en fonction de l'émission de CO₂ du mode de transport au kilomètre et à la tonne. Le mode, la distance et le poids sont donc trois paramètres susceptibles d'être modifiés afin de diminuer les coûts liés à l'introduction de cette nouvelle taxation environnementale. Il en ressort donc une problématique à laquelle nous tenterons de répondre tout au long de ce travail :

« Comment l'introduction d'une taxe carbone sur le secteur du transport pourrait-elle influencer les choix logistiques des entreprises du commerce électronique ? »

Nous débuterons ce mémoire par une partie empirique (PARTIE I) composée d'une première section d'approfondissement sur le commerce international en général. Il sera également question de l'impact environnemental de ce dernier et d'une focalisation plus ciblée sur le commerce électronique. Cette partie littéraire indispensable à notre étude sera également accompagnée d'une deuxième section liée à l'introduction de la taxe carbone. Nous découvrirons comment celle-ci serait appliquée et comment elle pourrait être acceptée unanimement. L'objectif étant d'avoir l'ensemble des informations et connaissances nécessaires à l'élaboration de cas d'analyse pour ainsi découvrir les choix logistiques possibles des entreprises du E-commerce. La partie analyse de cas (PARTIE II) débutera par une voie théorique concernant les paramètres utilisés ainsi que le modèle d'optimisation pris en compte dans notre analyse. Ensuite, nous établirons deux cas types du commerce électronique dont un intercontinental et un mondial, basés respectivement sur un modèle de type Zalando et un de type Amazon, acteurs principaux de ces marchés. Nous évaluerons leur situation actuelle et l'impact de la taxe carbone relative au transport sans modification de leurs choix logistiques actuels. Dépendamment de l'impact analysé, nous nous questionnerons sur l'amélioration de leur situation financière et environnementale. Afin d'envisager différentes alternatives possibles aux choix logistiques, nous récolterons l'avis de plus de 130 consommateurs ayant participé à un questionnaire en ligne. En effet, l'entreprise ne peut envisager d'alternatives que si les consommateurs acceptent entièrement ou partiellement ce changement. Finalement, cette analyse de cas permettra d'émettre des réactions possibles d'entreprises électroniques face à l'introduction d'une taxe carbone spécifique au secteur du transport, et ainsi de répondre à notre problématique.

----- PARTIE I – REVUE DE LA LITTERATURE -----

I. LE COMMERCE INTERNATIONAL ET SON IMPACT ENVIRONNEMENTAL

I.I. Le fonctionnement du commerce international

I.I.I. *Définition et évolution du commerce international*

Le commerce international peut être défini comme suit : « [...] le commerce international correspond à l'ensemble des flux de marchandises (biens) entre des espaces économiques de nationalités différentes. [...] » (Glossaire International en ligne, s.d.).

D'après Rainelli (2003), les raisons des importations et exportations antérieures au 19^{ème} siècle sont de deux ordres : la disponibilité des biens due aux ressources et au climat et la recherche de débouchés pour la production nationale. La base du commerce international reposerait ainsi sur la théorie ricardienne stipulant deux idées fondamentales. La première étant qu'une nation importerait si la production locale est plus coûteuse. La seconde stipule que la spécialisation dans une production permettrait d'obtenir un avantage comparatif plus élevé. Néanmoins, ces deux raisons ne permettent pas d'expliquer les échanges entre les nations les plus développées et le commerce mondial intra-branche actuels. Rainelli apporte ainsi deux nouvelles explications à ces éléments : (1) le rendement d'échelle croissant permettant la diminution du prix avec le volume et (2) la différenciation du produit expliquant le commerce intra-branche.

C'est dans cette optique que le commerce international s'est développé en créant une nouvelle tendance selon McKinnon (2007). Il affirme que les usines locales tendent à s'effacer afin de réduire les coûts fixes, ce qui implique une substitution vers des usines et des fournisseurs étrangers moins chers. Cela comporte également des coûts de transport plus élevés avec des chemins plus longs ayant pour objectif d'élargir la zone de clientèle. D'ailleurs, l'organisation mondiale du commerce (2013) inscrit une forte baisse des coûts de transport et de communication créant ainsi le système commercial international actuel.

L'évolution de ce commerce mondial est remarquable depuis le 19^{ème} siècle où l'augmentation de la production mondiale était largement moindre que celle du commerce international (Rainelli, 2003). L'organisation mondiale du commerce (2013) en déclare la cause de l'expansion des entreprises internationales. Cette différence a tendance à se rétrécir au fil du temps mais reste tout de même bien présente.

A ces débuts, l'Europe était le centre du commerce mondial avec plus de trois quart des importations en 1913. Par la suite, la révolution industrielle marqua un point de départ à la mondialisation actuelle. En 1945, une montée en puissance des Etats-Unis est remarquée, suivi par l'ouverture de la Chine sur le monde du commerce en 1979 (OMC, 2013). Un retournement de situation a également été constaté entre les pays développés et ceux en voie de développement. En effet, entre 1950 et 1958, le commerce international se développa beaucoup plus dans les pays développés tels que les Etats-Unis et le Japon avec une exportation multipliée par 21 (Rainelli, 2003). Ensuite, un retournement apparaît avec les pays en voie de développement tels que l'Arabie Saoudite ou la Chine qui reprennent la main. D'une part, leurs exportations passent de 34% à 57% entre 1980 et 2011, alors que les pays développés régressent de 66% à 53%. D'autre part, aux mêmes périodes, les importations passent de 71% à 58% pour les pays développés et de 29% à 42% pour les pays en voie de développement (OMC, 2013). Ce développement exponentiel du commerce international au cours du temps est non négligeable. L'organisation mondiale du commerce (2013), Gouel et Salman (2008) s'accordent tous les trois sur un élément provoquant l'expansion de ce commerce. Cet élément est appelé la segmentation de la production. Gouel et Salman (2008) affirment même que cet élément serait responsable de l'augmentation de 40% des exportations mondiales. A titre d'exemple, segmenter la chaîne de production à différents endroits compterait pour environ la moitié du commerce extérieur de la Chine.

I.I.II. Acteurs et axes principaux du commerce international actuel

Dès l'année 2004, trois principaux acteurs du commerce international se démarquent : l'Union Européenne, la Chine et les Etats-Unis. L'Europe est représentée par un échange de biens de 3.967 milliards d'euros. C'est 50 milliards en plus que la Chine et 342 milliards en plus que les Etats-Unis. En quatrième position, nous retrouvons le Japon qui talonne le top 3, en espérant s'y trouver prochainement (Eurostat, 2020). Plus particulièrement, l'Europe est majoritairement représentée par l'Allemagne et constitue le top 3 import et export, avec la Chine et les Etats-Unis (OMC, 2013).

	Chine	Europe	Etats-Unis	Japon	Corée du Sud	Royaume-Uni	Reste du monde
Importation	13%	14%	16%	5%	3%	4%	48%
Exportation	16%	15%	11%	5%	4%	3%	46%

Tableau 1 – Part des importations et des exportations au niveau mondial en 2018

(Source : Eurostat)

	Allemagne	France	Italie	Pays-Bas	Belgique	Espagne	Reste de l'Europe
Importation	21%	11%	9%	18%	8%	8%	25%
Exportation	30%	12%	11%	10%	7%	6%	25%

Tableau 2 – Part des importations et des exportations au niveau européen en 2019

(Source : Eurostat)

Nicolas (2020) affirme qu'aujourd'hui le commerce se concentre autour de quelques entreprises mondiales appelées des « superstars ». D'une part, le trafic terrestre de ces entreprises est essentiellement effectué entre les Etats-Unis, le Mexique et le Canada mais également au sein de l'Union Européenne (Gouel & Salman, 2008). D'autre part, l'avancée de la conteneurisation en 1970 a créé trois routes principales maritimes. La première, et la plus importante, est la voie transpacifique reliant l'Amérique et l'Asie. Ensuite, la deuxième voie la plus empruntée est celle de l'Asie-Europe suivie de la voie transatlantique reliant l'Europe et l'Amérique (Nicolas, 2020) (Annexe 1). Ensemble, ces trois axes maritimes représentaient déjà 21,4% du total du transport international de marchandises en 2013 (OMC, 2013).

I.I.III. *Le transport, rôle fondamental dans le commerce international*

L'organisation mondiale du commerce (2013) ainsi que Gouel et Salman (2008) s'accordent à nouveau sur le fait que la guerre a accéléré les progrès technologiques en termes de transport. La première guerre mondiale a participé au développement de chaudière maritime plus efficace en remplaçant le charbon par des moteurs diesel ou essence. Ensuite, en 1920, les trains électriques et diesel ont commencé à remplacer la vapeur. Entre les deux guerres, s'est développé un réseau routier avec un essor de véhicules à moteur (OMC, 2013). Finalement, la seconde guerre mondiale a augmenté la vitesse et le volume des trajets traduisant ainsi des économies d'échelles et de temps (Gouel & Salman, 2008). Ces deux auteurs énoncent aussi le fait qu'au-delà du transport terrestre et maritime, grâce à l'essor rapide du transport aérien en 1911, la voie aérienne est désormais devenue une composante essentielle au commerce international. L'organisation mondiale du commerce (2013) mentionne cette voie comme rapide et sécurisante afin de transporter des biens de grande valeur provenant de pays lointains.

Un point marquant de l'expansion du commerce international est la conteneurisation, qui représente actuellement 90% des voyages maritimes de marchandises diverses. Elle a permis d'effectuer des économies d'échelles incroyables en réduisant le temps de transport de 84% et le coût de 35%. (Nicolas, 2020). Ce moyen a porté la Chine dans son envol avec une hausse

du trafic annuelle de 17% entre 1995 et 2003. Plus particulièrement, 20% des marchandises conteneurisées se font à Hong Kong (Gouel & Salman, 2008).

Nous comprenons de ce fait que les transports sont essentiels au commerce international et se composent de quatre voies possibles : terrestre, ferroviaire, maritime et aérienne. Cristea & Al. (2013) montrent une différenciation entre la valeur et le poids transporté. En effet, en 2013 en termes de valeur des biens, 27,8% des marchandises sont transportées par voie terrestre, 3,5% par voie ferroviaire, 50,2% par voie maritime et 18,4% par voie aérienne. Mais, en termes de poids, il en est respectivement de 3,1%, 0,8%, 95% et 1,1%. Ces chiffres sont dépendants de la zone géographique (Annexe 2). A titre d'exemple, l'Europe a un pourcentage par voie terrestre plus élevé étant donné les nombreux pays adjacents.

Aujourd'hui, le progrès technologique ne s'arrête pas là et continue à évoluer. Afin de faire des économies d'échelles supplémentaires, l'objectif est d'augmenter la taille des navires mais ceci requiert des portuaires plus grands. Pour cela, des travaux au nord du canal de Panama et de Suez ont été nécessaires pour accepter des navires plus volumineux. Des investissements d'infrastructures sont également nécessaires pour la voie aérienne étant très coûteuse. L'idée serait d'investir dans des aéroportuaires pour limiter les coûts (Gouel & Salman, 2008). En conclusion, ces investissements et progrès technologiques vont devoir se poursuivre dans le temps car le transport de fret tend à se quadrupler d'ici 2050. L'OECD (2016) explique cette prédiction par des systèmes logistiques de plus en plus complexes impliquant des trajets plus courts et plus nombreux, avec des conteneurs non remplis ou même à vides. Toutes ces difficultés sont essentiellement dues à une demande exponentielle de produits internationaux et aux exigences grandissantes des consommateurs.

I.II. L'impact environnemental du commerce international

I.II.I. *L'impact environnemental majeur*

Le commerce international est accompagné d'un impact environnemental majeur caractérisé par ce qu'on appelle une "externalité négative". Cette notion est définie par Henriot dans Universalis en ligne :

« Les économistes désignent par 'externalité' ou 'effet externe' le fait que l'activité de production ou de consommation d'un agent affecte le bien être d'un autre sans qu'aucun des deux reçoive ou paye une compensation pour cet effet. [...] Une

externalité peut être positive ou négative selon que sa conséquence sur le bien-être est favorable ou défavorable. [...] »

Une des principales externalités négatives, à l'heure actuelle, est l'émission de dioxyde de carbone, le CO₂. Elle augmente la concentration de carbone dans l'atmosphère et participe au réchauffement climatique. Aujourd'hui, le protocole de Kyoto ayant pour objectif de réduire et limiter les émissions de gaz à effet de serre cible donc essentiellement cette réduction de CO₂ (Gouel & Salman, 2008). Actuellement, peu de recherches sont centrées sur le lien entre le commerce international et les émissions de CO₂. En effet, selon Lee (2008), beaucoup minimisent la part de CO₂ dans ce secteur. Il est vrai que l'émission de CO₂ d'un pays découle principalement de quatre sources différentes. En premier lieu, nous retrouvons les émissions domestiques, liées à la combustion. Ensuite, il y a une variété de sources de CO₂ dans l'écosystème. À côté de ces deux éléments, nous y retrouvons deux aspects du commerce : les émissions liées à la production et celles liées à la distribution (Marland & Al., 2009). S'il est donc vrai que par rapport à l'ensemble des émissions d'un pays, le transport est relativement faible, il est certain qu'une large partie de celles-ci restent liées au commerce en général (Lee, 2008). Par conséquent, les émissions de CO₂ ne cessent d'augmenter depuis 1990. Mondialement, pour un total de 20.516 millions de tonnes de CO₂ en 1990, nous en émettons 33.513,3 millions en 2018.

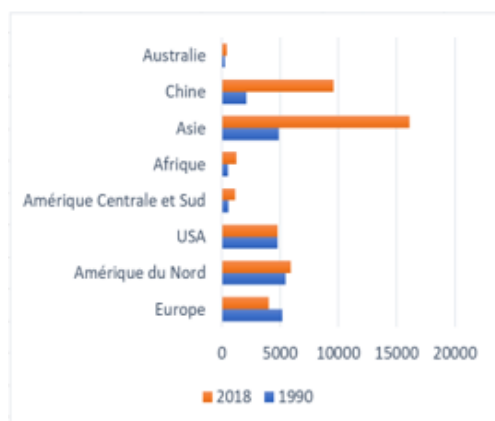


Figure 1 – Millions de tonnes de CO₂ émises en 1990 et 2018 par région/pays

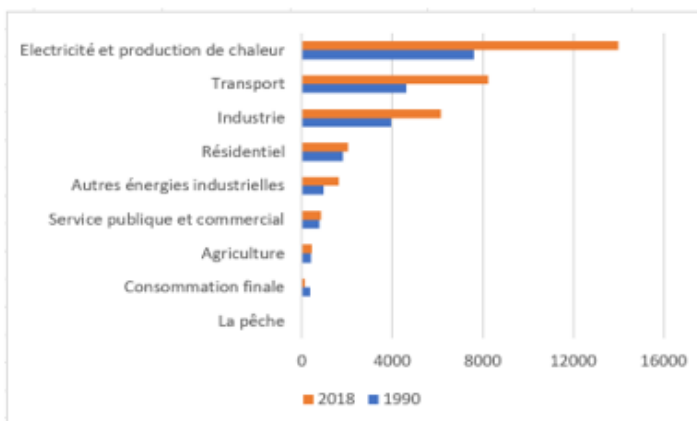


Figure 2 – Millions de tonnes de CO₂ émises en 1990 et 2018 par secteur

(Source : IEA)

Du côté des émetteurs de CO₂ par pays, la Chine et les Etats-Unis représentent à eux seuls 42,7% des émissions globales (Figure 1). Quant au secteur du transport, impliqué dans le commerce international, il est ainsi responsable d'un quart des émissions mondiales (Figure 2).

En conclusion, les émissions de CO₂ en expansion partout dans le monde engendrent une croissance mondiale des externalités négatives. Il convient donc, afin de pouvoir y palier, de contrôler cette hausse en analysant les sources de ces émissions excessives. Pour ce faire, il faut d'abord comprendre pourquoi les humains influencent tellement l'augmentation du taux de CO₂, et ensuite se demander comment pouvons-nous agir pour limiter ces actions dommageables (Marland & Al., 2009)

I.II.II. Le rôle principal du transport dans l'impact environnemental

Le commerce international requiert une flotte massive de transports à travers le globe terrestre afin d'approvisionner les pays étrangers. Tout mode de transport émet des émissions de CO₂ mais l'attribution de ces émissions est relativement difficile à déterminer. C'est pour cette raison qu'actuellement, elle échappe aux restrictions. En effet, il est bien plus évident de calculer les émissions d'une production plutôt que celles émises lors des trajets effectués (Marland & Al., 2009). Néanmoins, Cristea (2013) et Psaraftis (2008) ainsi que leurs collaborateurs ont tenté de chiffrer la quantité d'émissions émises par mode de transport (Annexe 3). Il en ressort que le transport consommant le moins est le transport maritime suivi du transport routier et ferroviaire. Finalement, la voie aérienne reste le mode de transport le plus polluant avec une marge d'avance très élevée par rapport aux autres modes existants.

Lorsque nous parlons de commerce international, nous évoquons tant le transport intercontinental que les échanges continentaux. Les émissions liées à ces transports peuvent être tout aussi importantes l'une que l'autre en fonction des choix logistiques des acteurs du marché (Gouel & Salman, 2008). L'OECD (2016) déclare que 30% du CO₂ provenant des transports provient du fret de marchandises et donc du commerce international. Mais ce chiffre tendra à augmenter en 2050 car les systèmes logistiques complexes induisent des distances parcourues plus longues et estimées à une hausse de 12% par l'OECD. Ce changement impacterait la proportion des modes de transport, le trafic terrestre et maritime diminuerait, substitué par un trafic aérien plus élevé afin de s'approvisionner sur de plus longues distances et dans les délais impartis.

Toutes les informations récoltées jusqu'ici révèlent une hausse de CO₂ pour le futur et il devient alors primordial de s'y intéresser. Selon l'OECD (2016), le secteur du transport serait un des secteurs les plus difficiles à décarboniser. Mais d'un autre côté, l'équipe de Cristea (2013), Gouel (2008) et Cooper (1994) semblent trouver des solutions facilement implémentable. En effet, Gouel et Salman parlent d'une substitution ferroviaire accessible, plus écologique et

sécurisante, mais très peu utilisée actuellement. Ensuite, l'équipe de Cristea évoque le choix des avions en fonction de la distance à parcourir et de la capacité de chargement. Cela démontre qu'une économie d'échelle peut facilement être effectuée sur ces paramètres. Finalement, Cooper et Al. (1994) énoncent plusieurs astuces telles que rouler 24 heures sans arrêt, profiter du faible trafic routier de nuit ou simplement utiliser des véhicules plus volumineux et consommant moins de carburant à l'unité chargée. Tous ces changements semblent évidents et pourtant, la plupart des acteurs du marché n'y prêtent pas attention. Il y a donc probablement une raison à ce déni, causé par les exigences du marché et de la concurrence. En attendant, même si certains font des efforts afin de limiter l'émission de CO₂, la différence ne s'apercevra qu'au moment où l'une des trois forces prédominantes, les Etats-Unis, la Chine ou l'Europe, s'en préoccupera (Marland & Al., 2009).

I.III. Le commerce électronique et le rôle de la distribution

I.III.I. Emergence du commerce électronique

L'autorisation d'utilisation commerciale d'Internet a été donnée en 1991 (David & Saïdi-Kabeche, 2002). Accompagnée d'une baisse des prix de l'informatique, elle a permis à toute PME¹ d'utiliser Internet à ce titre. Ces auteurs parlent d'une « nouvelle économie » en évolution rapide. En effet, selon l'Union Internationale des Télécommunications, le nombre d'internautes a progressé de 79 à 174 millions entre les années 1997 et 1999 en regroupant les trois forces prédominantes : USA, Chine et UE (Brousseau, 2000). Selon Waters (2010), Internet a ainsi développé un nouveau canal pour le commerce appelé aujourd'hui le commerce électronique ou E-commerce. Si au départ ce nouveau commerce était un apport faible de revenus par rapport à l'activité économique globale, les dernières années ont bouleversé ce modèle économique (Cadelam, 2018). Barba et ses collaborateurs (2011) parlent même d'une révolution en matière de support, de comportement du consommateur, de pensées et d'organisations entrepreneuriales ainsi qu'une révolution sur le plan du volume de clientèle et d'offre. Le nombre d'acheteurs et de vendeurs en ligne ne cessent d'augmenter avec le développement de plates-formes couvrant un large assortiment de produits (Cadelam, 2018).

Premièrement, le E-commerce apporte des opportunités du point de vue des consommateurs. Grâce à l'expansion d'Internet, toute personne peut acheter des biens à travers le monde entier. Etant donnée l'ampleur des zones d'achats, l'offre de biens et de services est démultipliée (Brousseau, 2000). Le client est amené au centre du processus du commerce électronique en révolutionnant la

¹ Petites et Moyennes entreprises

manière d'interagir en ligne et non plus physiquement (OECD, 2018). Mais au-delà de ça, l'opportunité principale pour le consommateur reste l'achat au meilleur prix. Dos Santos et Al. (2017) montrent que la technologie de données mobiles 3G et 4G a permis un accès constant à Internet. La transparence des prix sur le web offre la possibilité de comparer les meilleures offres à tout moment et permet ainsi de faire des économies.

Deuxièmement, le E-commerce apporte également des opportunités du point de vue des entreprises ou des vendeurs particuliers. Un avantage majeur reste le volume de clientèle ciblé. Avoir des clients potentiels à travers le monde permet d'avoir un revenu potentiel plus élevé. Ensuite, l'OECD (2018) et Kfoury (2018) se mettent d'accord sur le fait qu'une réduction de coût peut être facilement atteinte. En effet, la commande, la facturation ainsi que la livraison sont effectuées automatiquement et requièrent donc beaucoup moins d'actions humaines. Cela engendre également une amélioration de la productivité globale (OECD, 2018). L'OECD exprime aussi le fait que faire un pas dans le commerce électronique est aisé. Il y a peu de barrières à l'entrée. Mais, cela signifie également une concurrence féroce. Effectivement, comme le souligne Alarcon (2011), un seul clic est nécessaire pour se diriger vers la concurrence, là où plusieurs kilomètres séparent la concurrence dans le commerce traditionnel.

En termes de chiffres, quatre grandes entreprises sur dix possèdent un site Internet et/ou une application mobile (Kfoury, 2018). En 2002, le revenu perçu par le commerce électronique équivaut à 350 millions d'euros dont les trois quarts proviennent de ventes B2B² (David & Saïdi-Kabeche, 2002). Le commerce B2C³ quant à lui s'est bien étendu cette dernière décennie mais reste tout de même inférieur à 15% des ventes totales dans la plupart des pays (Mangiaracina & Al., 2015). Plus précisément, Cadelam (2018) énumère un volume de 1.300 milliards de dollars en 2014 et 2.250 milliards de dollars en 2017 de ventes en ligne. Finalement, en reprenant le terme de Nicolas (2020), le commerce électronique possède également des « superstars ». Au niveau Européen, nous retrouvons l'entreprise Allemande Zalando avec un total de vente de 4,5 milliards d'euros en 2017 couvrant 17 pays différents. Finalement, mondialement, nous retrouvons Amazon et Alibaba avec respectivement un chiffre d'affaire de 177 et 158 milliards de dollars en 2017 (Cadelam, 2018).

Park et Regan (2004) montrent que le commerce international traditionnel possède différentes caractéristiques par rapport au commerce électronique (Annexe 4). Une distinction fondamentale entre ces deux types est le chemin parcouru par la marchandise transportée. Dans

² Business to Business : Echange entre deux entreprises

³ Business to Client : Echange entre une entreprise et un consommateur final

le commerce traditionnel, la marchandise transite du producteur vers le grossiste pour ensuite être acheminée au commerçant qui la vendra au client final. A l'opposé, le E-commerce transporte le bien directement de l'usine ou centre de distribution vers le client final. Enfin, nombreux sont hésitants à opter pour le commerce électronique mais c'est aujourd'hui, selon Venne (2018), une question de survie. Mais, ce n'est pas parce que la possibilité de livrer partout dans le monde s'offre à nous, qu'il faut dès le début se lancer dans cette activité. Il est recommandé de limiter sa zone géographique pour ensuite se développer à d'autres nations plus lointaines (David & Saïdi-Kabeche, 2002).

I.III.II. Importance du système logistique

Le commerce électronique est basé sur un principe de livraisons de commandes directes vers le client final. La logistique est donc un élément essentiel de ce nouveau commerce (David & Saïdi-Kabeche, 2002). Comme l'indique les caractéristiques de Park et Regan (2004), les livraisons se déroulent avec des véhicules de faible capacité et avec de nombreux arrêts. L'optimisation des coûts, tel que la Supply Chain du commerce traditionnel est de ce fait difficilement atteignable. De plus, le taux d'échec de livraison est bien plus important que lors de la livraison à un seul endroit (Annexe 4).

Park et Regan (2004) nous informent également sur l'offre générale de livraison des entreprises du E-commerce. Etant donné l'élément principal de ces activités commerciales, il se doit d'être de qualité. Pour ce faire, au début de ce commerce, les firmes tenaient à offrir la livraison directement au client. Mais cette offre n'a pu se maintenir que pour quelques entreprises étant donné la prise de conscience des coûts engendrés. Au-delà du coût, beaucoup d'entreprises électroniques d'aujourd'hui offrent un horaire et un lieu de livraison adapté au client, mais cela engendre également des frais supplémentaires.

En bref, une offre de livraison pour les entreprises électroniques doit donc être bien pensée car les consommateurs d'achats en ligne sont bien plus exigeants. En outre, les problèmes majeurs causant une grande insatisfaction proviennent de la gestion logistique. « Logistique magazine » (2000) énumère les 4 échecs du E-commerce : (1) Délai de livraison élevé et non fiable, (2) Produits indisponibles, (3) Livraison trop coûteuse et (4) Information du suivi de commande insuffisante. Cela révèle un dilemme important entre la satisfaction du client et les coûts impliqués. En conclusion, les entreprises électroniques rencontrent une nouvelle épreuve logistique à surmonter, elles vont devoir élaborer une « nouvelle Supply Chain » adaptée au « nouveau commerce », le commerce électronique.

I.III.III. Impact environnemental du commerce électronique

Précédemment, nous avons énoncé le fait que dans le cadre du commerce international, le transport était l'activité la plus émettrice de CO₂. L'impact environnemental du commerce électronique semble de ce fait évident étant donné que la distribution est l'activité principale de ce marché. Le E-commerce utilise des véhicules de plus petites capacités qui consomment plus d'émissions de CO₂. En plus, compte tenu de la faible capacité des véhicules, le nombre de trajets est multiplié, impliquant ainsi davantage d'émissions (Allen & Browne, 2010).

Williams et Tagami (2002) ont déduit que le E-commerce était bien plus énergivore que le commerce international traditionnel. En effet, trois sources d'énergies sont présentes dans le commerce électronique : (1) L'énergie d'infrastructure, (2) La livraison et (3) Le packaging.

De l'image 1, nous pouvons observer que le transport personnel dans le commerce traditionnel n'équivaut pas au surplus d'énergie de l'infrastructure, du packaging et de la livraison dans le E-commerce. Nous constatons donc que dans tout espace, le commerce électronique est plus néfaste pour l'environnement que le commerce traditionnel.

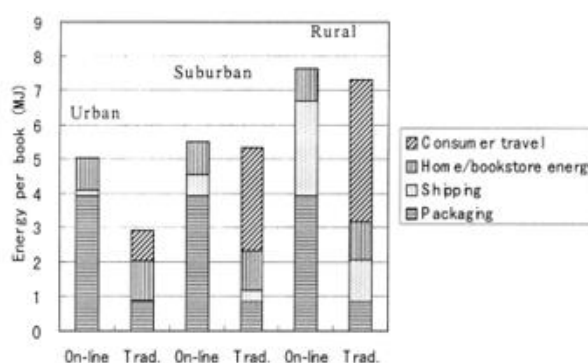


Image 1 – Energie pour le E-commerce vs énergie pour le commerce traditionnel
(Source : Williams & Tagami, 2002)

Bien évidemment, d'autres facteurs entrent en jeu dans l'énergie consommée par le commerce électronique, tels que les retours de livraison (Park & Regan, 2004), mais également des livraisons de commandes provenant de différentes sources pour un même endroit (Mangiaracina & Al., 2015) ou des livraisons retournées pour cause d'absence au domicile lors de la réception (McLeod & Cherrett, 2006). Tous ces éléments additionnés représentent des kilomètres gaspillés et des émissions de CO₂ inutiles.

Finalement, ces kilomètres en trop ne sont pas prêts de s'estomper avec le temps. La base de données de Statista (2021a) enregistre une part de vente en ligne de 6,2% en 2014 pour 12,4% en 2019. Enfin, le pourcentage de PIB relatif au commerce en ligne ainsi que les internautes ne cessent d'augmenter. Le futur sera donc marqué par un commerce électronique bien présent sur le marché, et l'environnement en sera dès lors plus impacté que prévu. En conséquence, agir sur les émissions de CO₂ provenant du secteur des transports, devient aujourd'hui primordial pour la préservation de l'environnement.

II. UNE FISCALITE ENVIRONNEMENTALE

II.I. La taxe carbone, introduction d'une taxation environnementale

II.I.I. *Le CO₂, source du réchauffement climatique*

Bureau, Henriet et Schubert (2019) nous rappellent une certaine inquiétude vis-à-vis du réchauffement climatique. En effet, les températures moyennes augmentent significativement dans certaines régions créant ainsi des externalités négatives telles qu'à titre d'exemple, la montée des eaux. (Kutasi & Perger, 2015). L'accord de Paris (2015) a ainsi été signé afin de limiter ce réchauffement climatique tel que cité à l'article 2 paragraphe 1 du traité :

« 1. Le présent Accord, en contribuant à la mise en œuvre de la Convention, notamment de son objectif, vise à renforcer la riposte mondiale à la menace des changements climatiques, dans le contexte du développement durable et de la lutte contre la pauvreté, notamment en : Contenant l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels, étant entendu que cela réduirait sensiblement les risques et les effets des changements climatiques; [...] »

Dans la section précédente, nous avons énoncé le fait que le commerce international, et plus particulièrement le commerce électronique est une source accrue de CO₂, avec l'importance des transports. De plus, un lien a été établi par les sciences naturelles entre le réchauffement climatique et la quantité de CO₂ dans l'atmosphère (Bureau, Henriet & Schubert, 2019). En conséquence, il est donc évident que l'accord de Paris a pour objectif de limiter les émissions de CO₂. Le but ultime étant d'adopter le concept de durabilité du monde entrepreneurial:

« Sustainable development is social progress which recognizes the needs of everyone, effective protection of the environment, prudent use of natural resources; and maintenance of high and stable levels of economic growth and employment. »
(« Sustainable development », 2021)

II.I.II. *Comment améliorer l'impact environnemental ?*

Face à l'ampleur des dégâts que le réchauffement climatique peut provoquer, il est urgent de développer de nouveaux processus permettant de réduire les gaz à effets de serre tels que le CO₂. Elbeze et De Perthuis (2011) signalent deux formes de prix du carbone en application dans certaines régions mais également en discussion pour un développement futur.

La première forme est le **marché de permis** déjà présent sur l'ensemble du territoire européen. Ce processus consiste à ne payer les émissions de CO₂ qu'au-delà d'un certain seuil (Schubert, 2009). Elle permet ainsi de cibler les grands émetteurs et de maîtriser les quantités émises dans l'atmosphère (« Taxe carbone », 2020). Schubert (2009) avertit qu'un marché de permis ne demande qu'une majorité et est donc facilement implémentable. D'un autre côté, une seconde forme abordée, et en grande discussion, est la **taxe carbone**. Cette deuxième forme est bien plus difficile à appliquer étant donné la nécessité de l'unanimité pour une taxe et non la majorité. Elle consiste à payer toutes les émissions émises et évite ainsi le débat d'exemption (Schubert, 2009). Elle est constituée d'un prix unique et cible également les petits émetteurs sans maîtriser la quantité de CO₂ totale (« Taxe carbone », 2020). Gouel et Salman (2008) déclarent que les deux formes devraient être utilisées en complément vu que le marché de permis ne couvre pas le secteur des transports, élément important des émissions du commerce international.

L'objectif de ces deux formes est en réalité identique et consiste en une réduction des gaz à effets de serre. Mettre un prix sur le carbone a alors un effet dissuasif. L'ambition est donc la mise en place d'un processus d'encouragement de l'utilisation de ressources différentes, émettant moins de CO₂, telles que le charbon, le gaz naturel ou le pétrole (Herber & Raga, 1995). Elle vise ainsi à modifier le comportement des acheteurs et vendeurs en leur faisant prendre conscience que l'impact environnemental de ceux-ci a un prix (Hourcade, 2015). Finalement, Bureau, Henriot et Schubert (2019) façonnent un but ultime : l'incitation à l'investissement vert.

II.I.III. *Type de taxation d'une taxe carbone*

Des deux formes étudiées pour réduire les émissions de CO₂, nous nous focaliserons dès à présent sur la seconde : la taxe carbone. En effet, contrairement au marché de permis, cette deuxième option permet de cibler un ou plusieurs secteurs spécifiques. C'est pour cette raison que nous ne pouvons parler de taxe carbone générale puisqu'il existe une multitude de taxes carbone différenciées par les émissions des combustibles et des secteurs couverts.

En termes d'application, il est intéressant de déterminer de quel type de taxe il s'agit, de manière générale. En effet, une taxe peut être de deux types : (1) indirecte ; supportée par le consommateur final mais payée par le fournisseur ou (2) directe ; supportée par ceux qui la payent au gouvernement. La taxe carbone étant répercutée sur le prix final, elle constitue donc une taxe indirecte. Il existe également différents types de taxes indirectes, déterminées par quatre caractéristiques. En premier lieu, une taxe peut être large, appliquée sur une grande

assiette, ou petite, appliquée sur des éléments bien spécifiques. En second lieu, une taxe peut contenir une ou plusieurs étapes intermédiaires de taxation. Troisièmement, la taxe peut inclure les taxes payées auparavant ou non. Elle est donc cumulative ou non cumulative. Finalement, une taxe peut être dite de destination, où elle porte sur les biens domestiques et imports, ou dite d'origine, portant sur les biens domestiques et exports (Lamensch, 2020)⁴.

En résumé, une taxe carbone est une taxe indirecte qui s'applique sur les émissions de CO₂ des combustibles et/ou des secteurs (spécifique), payée sur base du prix à la tonne finale (une étape) et payée à la destination finale (de destination). La taxe carbone est donc considérée comme une **taxe d'accise** qui est une petite taxe en une étape appliquant le principe de destination. Finalement, Lamensch (2020) précise le fait qu'une taxe d'accise peut être chargée à un taux spécifique sur base de la quantité ou à un taux "ad valorem", sur base de la valeur. Etant donné que plus il y a d'émissions de CO₂, plus la taxe est élevée, elle est alors considérée comme une taxe d'accise à un taux spécifique.

En application réelle, Elbeze et De Perthuis (2011) parlent d'une taxation en amont que l'on applique aux combustibles fossiles et qui est proportionnelle au carbone émis lorsqu'il est brûlé. De plus, Schubert (2009) précise qu'une taxe carbone s'applique à un taux unique mais avec de multiples exemptions. L'effet dissuasif de la taxe d'accise est donc bien présent. Cela nécessite des investissements à long terme tout en laissant le temps à l'adaptation. En effet, le but de cette taxe carbone est de prévoir une taxation en montée progressive permettant aux assujettis de s'adapter au mieux (« Taxe carbone », 2020).

II.II. Mise en place d'une taxe carbone

II.II.I Evolution de la mise en place d'une taxe carbone

Finlande	Pologne	Norvège	Suède	Danemark	Slovénie	Estonie	Lettonie	Liechtenstein
1990	1990	1991	1991	1992	1996	2000	2004	2008
Suisse	Colombie	Islande	Irlande	Ukraine	Japon	Royaume-Uni	Mexique	France
2008	2008	2010	2010	2011	2012	2013	2014	2014
Portugal	Chili	Colombie	Singapour	Argentine	Canada	Terre-neuve et Labrador		
2015	2018	2018	2019	2019	2019	2019		

Tableau 3 – Année de mise en place d'une taxe carbone. Les cases en bleu clair représentent les pays où un marché de permis est présent en complément d'une taxe carbone.

(Source : Postic & Métivier, 2019)

⁴ Source dérivée de Moodle (Non accessible au public)

Les premiers pays ayant mis en place une taxe carbone sont les pays nordiques, dès 1990 (Kutasi & Perger, 2015). Cependant, la part des émissions couvertes ne dépend pas de l'année de mise en place (Annexe 5). Concernant la tarification du carbone, les auteurs montrent qu'en 2019, le prix à la tonne de CO₂ est en général plus élevé pour les premiers adoptants. Nous pouvons donc conclure que nous recherchons une montée progressive du prix du carbone.

	2019	2020
Mise en place	25 Taxes carbone + 26 Marchés de quotas	29 Taxes carbone + 26 Marchés de quotas
Revenu des taxes carbone	45 Milliards de dollars US	48 Milliards de dollars US
Proportion du revenu carbone	52% Taxes carbone + 48% Marchés de quotas	53% Taxes carbone + 47% Marchés de quotas
Utilisation des revenus	Budget général ou projets environnementaux	Budget général ou projets environnementaux
Prix de la tonne de CO₂	> 75% des émissions à moins de 10 dollars	> 75% des émissions à moins de 10 dollars

Tableau 4 – Comparatif de la mise en place des taxes carbone entre 2019 et 2020

(Source : Postic & Métivier, 2019 ; Postic & Fetet, 2020)

Nous observons dans le tableau 4 que la taxe carbone a tendance à prendre plus d'ampleur face au marché de quota. Elle génère plus de revenus grâce à l'arrivée de nouveau pays adoptants et non grâce à l'évolution du prix à la tonne de CO₂. Selon le rapport de 2020, les prix optimaux se situeraient entre 40 et 80 dollars la tonne de CO₂. Ces prix ne sont pas atteints à l'heure actuelle, ils limitent ainsi les objectifs de l'accord de Paris.

Concernant le champ d'application de la taxe carbone, la majorité des pays s'accordent sur la couverture des émissions provenant des combustibles de bases : charbon, gaz et pétrole. Ensuite, peu de pays adoptent une couverture de secteurs supplémentaires. En effet, le secteur énergétique est le plus couvert avec seulement huit pays adoptants. Le secteur du transport est quant à lui, un secteur couvert uniquement par deux pays : la Lettonie et le Nouveau-Brunswick (Postic & Fetet, 2020). Cependant, les combustibles, y compris l'essence, sont souvent couverts par une taxe carbone, impliquant donc le secteur du transport de manière implicite. Mais dans ce domaine beaucoup d'exemptions et d'exonérations apparaissent, réduisant ainsi les bénéfices environnementaux recherchés. En effet, Guillou et Perrier (2019) ainsi que Kutasi et Perger (2015) s'accordent sur le fait que dans le but de préserver la compétitivité, des exemptions existent dans les industries métallurgiques fortes. C'est également le cas dans le transport de marchandises. Ces pratiques reviennent à moins taxer les plus gros pollueurs et à décrédibiliser l'enjeu de cette nouvelle taxation environnementale.

Finalement, Postic et Métivier (2019) montrent comment les revenus carbone sont utilisés. La taxe carbone revendique l'adoption d'investissements verts et pourtant l'adhésion aux projets environnementaux ne représente que 26,3%. Par contre, 57,2% des revenus sont alloués au budget général. En revanche, les revenus des marchés de quotas sont utilisés à 83% pour des projets environnementaux et seulement 15,7% pour le budget général. En bref, la décrédibilisation de cette taxe carbone est accentuée par le fait qu'elle est majoritairement utilisée pour remplir les caisses des Etats. Il est dès lors compréhensible que les débats sur ses réelles implications restent largement ouverts.

II.II.II *Fiscalité nationale versus mondiale*

Au vu des mises en place précitées, Guillou et Perrier (2019) confirment qu'aucune fiscalité environnementale n'est appliquée au niveau international. Il est évident que les pays ayant établi une taxe carbone nationale contribueront peu à l'échelle mondiale des émissions de CO₂. Les objectifs souhaités nécessitent un véritable accord international et une véritable coordination des politiques environnementales (Caparros, Péreau & Tazdaït, 2003).

Comme le rappellent Guillou et Perrier (2019), l'application de cette taxe requiert un accord unanime. Déjà à l'échelle de l'Union Européenne, le projet d'une taxe carbone coordonnée en 1990 n'a pu être acceptée (Elbeze & De Perthuis, 2011). Il en va de soi qu'une coopération internationale prendrait difficilement forme (Caparros, Péreau & Tazdaït, 2003). Ces auteurs parlent de similitude avec le dilemme du prisonnier. En effet, chaque nation possède deux choix : (1) Réduire les émissions de CO₂ et donc coopérer ou (2) Ne rien faire et donc trahir. La meilleure solution pour une nation est la plus défavorable aux autres nations. Il en résulte ainsi un point d'équilibre de non-coopération où l'ensemble des nations décident de ne rien faire. La solution optimale étant pourtant la solution coopérative, mais cet équilibre ne sera jamais atteint.

Aujourd'hui, étant donné l'accord unanime quasiment impossible, les pays s'accordent via des conventions bilatérales. Des arrangements essentiels entre la Chine et les Etats-Unis, semblent être inimaginables en raison de tensions politiques (Guillou & Perrier, 2019). Ce sont pourtant ces forces qui doivent montrer le chemin à suivre. Or, si ce n'est pas le cas, l'objectif de l'accord de Paris sera difficilement atteint. Alors aujourd'hui, la mise en place d'une taxe carbone dans quelques pays est-elle réellement efficace ? Schubert (2009) déclare ne voir aucun effet d'ampleur de la taxe carbone à cause des exemptions qui résultent en des industries ne payant aucune taxe. Kutasi et Perger (2015) ajoutent qu'une corrélation distincte entre la réduction des

émissions et la taxe carbone est difficilement percevable. Finalement, Gouel et Salman (2008) affirment tout de même que la taxe carbone décourage l'activité économique car cela engendre des coûts supplémentaires. Cependant, les échanges internationaux étant devenu indispensable pour certaines entreprises, la taxe carbone ne permet pas réellement la réduction des émissions de CO₂.

II.III. Le système fiscal et le commerce électronique

Le développement du commerce électronique de ces dernières décennies a mis à mal le système de fiscalité internationale implémenté il y a plus d'un siècle (OECD, 2018). Pour améliorer les choses, l'OECD a entamé, fin des années 90, des travaux concernant l'imposition des entreprises digitales (Oberson & Al., 2020). En effet, le problème majeur étant que le système actuel accentue une opportunité d'érosion de la base fiscale et un déplacement de profit que l'OECD (2018) surnomme « BEPS ». Le modèle de l'OECD (2017) nous apprend que dans les années 20, un concept d'établissement stable était requis pour taxer une entreprise multinationale. Cette présence physique obligatoire n'est plus d'application pour les entreprises électroniques étant donné qu'elles peuvent offrir des biens et des services sans aucune présence physique. L'OECD (2018) développe ainsi le projet BEPS afin de s'assurer que le profit est taxé là où l'activité prend place et où la valeur est créée. Il a pour objectif d'éviter la délocalisation des bénéfices des entreprises internationales. Cependant, aucune solution efficace à ce problème n'est trouvée à l'heure actuelle.

Comme expliqué précédemment, une taxe carbone sur le secteur du transport est une taxe spécifique qui fixe un prix sur les émissions de CO₂ émises par les modes de transport. Le commerce électronique et son taux élevé de transport étant responsable d'un volume important de CO₂, cette taxe semble être une solution efficace et pertinente. Elle a pour objectif d'inciter l'investissement vert et d'améliorer le système logistique actuel. Cependant, nous venons d'introduire un système fiscal inefficace pour les entreprises électroniques. Cette taxe carbone serait-elle tout aussi facilement contournable que l'imposition de ces entreprises ?

Le développement technologique a relevé des failles dans le système fiscal international. Afin d'éviter le contournement d'une taxe carbone spécifique au transport, il serait judicieux d'utiliser ce même développement technologique. Nous avons besoin d'une technologie permettant de calculer les émissions de CO₂ émises lors des échanges internationaux. Groschopf et Al. (2019) étudient un prototype appelé CO₂-Tec Emission Calculator. Ce calculateur enregistre les distances parcourues avec la géolocalisation et tient compte des

différents facteurs d'émissions tels que le type de véhicule, les routes empruntées et le chargement du transport. L'ensemble des informations est implémenté dans un algorithme complexe permettant d'avoir la quantité de CO₂ émise avec exactitude. Cependant, ce protocole n'est pas encore au point et est encore aujourd'hui, en cours de développement. Si une telle machine est obligatoirement installée dans un véhicule de fret de marchandises, l'entreprise ne pourra contourner la taxe carbone relative à ses émissions. En conclusion, il est possible avec la technologie d'aujourd'hui, d'instaurer un système fiscal difficilement évitable.

II.IV. A la recherche d'un accord international

II.IV.I. Les principales causes de la réticence fiscale

Kutasi et Perger (2015) voient en la taxe carbone une solution efficace aux problèmes environnementaux car elle permet de mettre un prix sur la pollution et d'encourager la réduction des émissions. Elle va ainsi forcer les vendeurs à investir dans de nouvelles technologies tout en maintenant leur compétitivité. Cependant, il existe trois sources principales ne permettant pas d'atteindre un accord unanime.

Premièrement, la **distribution des revenus** de la taxe carbone. Les deux objectifs de base d'une taxe sont le financement de dépenses publiques et l'encouragement ou le découragement à certains comportements (Lamensch, 2020). Etant donné un objectif d'autodestruction de cette taxe sur le long terme, Elbeze et De Perthuis (2011) se demandent comment pérenniser ce dividende dans le temps. De plus, une fois collecté, l'impact de cette dernière dépend de ce que le gouvernement décide d'en faire (Aldy, Ley & Parry, 2008). Selon Schubert (2009) ou encore Bureau et Henriët (2019), elle n'est pas considérée comme une taxe environnementale mais principalement comme un revenu supplémentaire couvrant le déficit budgétaire.

Deuxièmement, la taxe n'est **pas payée par l'ensemble des émetteurs proportionnellement** à leur pollution. Le fait d'opter pour une fiscalité engendre des stratégies de contournement afin de réduire la dépense fiscale, qui est appelé le « paradis fiscal » (Elbeze & De Perthuis, 2011). De plus, Schubert (2009) nous apprend que des entreprises de forte concentration de CO₂ peuvent avoir des exemptions alors que les petits émetteurs n'en ont pas. Ces exonérations octroyées sont généralement dues à la protection de la compétitivité. En effet, dans le cas de l'Union Européenne, les entreprises ne peuvent être taxées si elles sont déjà soumises au marché européen de carbone ou si la concurrence avec d'autres pays européens est entravée (Laurent & Le Cacheux, 2010).

Dernièrement, le **manque de clarté** est perçu par les assujettis à la taxe carbone. Hourcade (2015) déclare un manque de compréhension qui porte en faveur d'arguments anti-taxe carbone. Le premier argument est qu'elle est considérée comme une mesure punitive, alors que les entreprises estimaient bon de suivre les conseils donnés par les autorités. Ensuite, l'auteur nous parle également d'une certaine impuissance au changement. Les assujettis se sentent piégés dans leurs choix passés, sans aide extérieur pour pouvoir y remédier. Finalement, Hourcade mentionne le terme de « regulatory uncertainty » qui reflète les difficultés perçues à cause de cette taxe. Avant tout, les agents sont myopes, ils ne peuvent anticiper la trajectoire du prix du CO₂ sur le long terme. Ensuite, il est très difficile d'investir dans de nouveaux projets sans une perspective de retour positif.

II.IV.II. *Conséquence - Accord non international*

Les trois causes principales engendrent une conséquence d'un accord non international, pour autant qu'il existe un accord. Dans tel cas, Dambrine et Valérian (2017) ainsi qu'Aldy et Pizer (2015) disent qu'une taxe carbone nationale ou régionale jouera un rôle important dans la localisation des entités. En effet, si un pays est moins ou pas taxé par rapport au pays d'origine, l'entreprise peut se délocaliser et emmener ses émissions, sans les diminuer, en un lieu où elle ne sera pas pénalisée. C'est ce qu'on appelle la « fuite carbone » (Dambrine & Valérian, 2017). Plusieurs facteurs poussent à la délocalisation tels que les facteurs de production, les ressources naturelles, le capital et la main d'œuvre (Aldy & Pizer, 2015). À cela s'ajoute la délocalisation pour fuir une taxe carbone sur l'ensemble des émissions de CO₂, si cette dernière n'est pas internationale.

Une délocalisation à ce titre est fatale à l'objectif de la taxe carbone. Actuellement, les pays adoptants n'ont aucune efficacité sur la globalité des émissions (Böhringer & Al., 2015). En effet, Kutasi et Perger (2015) démontrent que le problème vient des autres pays, qui détériorent l'efficacité des taxes carbones en application. Les activités de fortes émissions ne sont que transférées en des lieux non taxés. Dilemme pour ces pays : soit ne rien faire et attendre un arrangement global ou essayer de contribuer en appliquant des contraintes carbones sur leurs territoires. Néanmoins, cette solution s'accompagne de deux conséquences néfastes : La première étant la perte de capacité productive et la deuxième étant l'inefficacité en termes de bienfait sur l'environnement (Laurent & Le Cacheux, 2010).

En conclusion, l'absence de politique internationale est réellement manquante à ce titre. Les pays les plus émetteurs tels que les Etats-Unis et le Japon refusent un tel arrangement et forcent

ainsi les autres pays à faire des efforts afin d'en tirer du profit personnel. L'Europe essaye de jouer un rôle dans le bien-être de l'environnement et se sacrifie à ce titre mais ne couvre que 13% des émissions globales (Herber & Raga, 1995). Comme le dirait Zedillo (2008) :

« [...] The only approach that will fulfill the conditions and relieve countries' apprehensions regarding sovereignty and free riding is one in which all countries agree to penalize their carbon emissions. [...] »

II.IV.III. *Comment élaborer une taxe carbone acceptable globalement ?*

Elbeze et De Perthuis (2011) assurent qu'il est très difficile d'adopter une règle commune pour l'ensemble du globe terrestre. Néanmoins, un accord pourrait être envisagé si les trois causes principales du refus étaient remises en cause et améliorées pour aboutir à la signature d'un traité ou d'une convention acceptable pour l'ensemble des nations (Herber & Raga, 1995). De plus, il semble évident qu'un arrangement est plus facilement envisageable lorsque la couverture des émissions de la taxe carbone est limitée. Etant donné le taux de CO₂ important dans le secteur du transport, l'objectif est de faire accepter unanimement une taxe carbone spécifique au transport.

En premier lieu, il y a la remise en question de l'utilisation de ces revenus carbone et ensuite, il faut que cette taxe soit implémentée de manière équitable (Bureau, Henriët & Schubert, 2019). Tout investissement vert entraînant une baisse d'émissions effectué avant ou après la taxe carbone doit être récompensé d'une baisse de taxe. Aldy, Ley et Parry (2008) affirment que pour assurer une équité, il faudrait réduire le prix de CO₂ dans les pays en voie de développement compte tenu de leur haut taux de CO₂. Mais ceci va à l'encontre même du principe de la taxe carbone qui est de pénaliser les émetteurs les plus importants. Guillou et Perrier (2019) résument clairement ce que doit être une taxe carbone : (1) Cohérente, (2) Juste et (3) Dirigée vers l'investissement. En bref, l'ensemble du revenu carbone devrait être utilisé exclusivement aux dépenses publiques environnementales.

Dans un second lieu, la taxe carbone doit être payée proportionnellement au taux d'émission par toute personne utilisant des modes de transport. Atteindre l'objectif carbone, c'est implémenter une fiscalité non contournable avec le moins d'exemptions possibles (Kutasi & Perger, 2015). Les exonérations actuelles sont une conséquence de la fragilité des agents économiques. Une solution optimale afin de ne pas nuire à leur développement futur serait de

redistribuer une partie de la taxe aux industries soumises à une concurrence forte. Elle permet ainsi de garder l'incitation du prix carbone (Elbeze & De Perthuis, 2011).

Finalement, il faut expliquer largement l'ensemble du processus de la taxe carbone afin de la rendre davantage compréhensible pour tous les assujettis. Plusieurs questions se posent. En premier lieu, il faut savoir de « **Quoi ?** » il s'agit. Herber et Raga (1995) ainsi que Gouel et Salman (2008) répondent à cette question en imposant l'ensemble des combustibles exploités ou importés. Cela veut dire que toutes les émissions liées aux intrants énergétiques des transports seront taxées. Etant donné que ce n'est pas le volume de marchandises mais l'ensemble des intrants énergétiques qui est taxé, nous avons la possibilité de réduire les émissions de CO₂, et donc la taxe, en gardant le volume du commerce international actuel. La seconde question, « **Combien ?** ». La tarification de la taxe carbone doit être lisible et calculée à l'avance en présentant une trajectoire à la hausse dans le temps (Guillou & Perrier, 2019). Selon Hourcade (2015), cette hausse doit être rapide afin d'apporter des effets bénéfiques et d'installer une certaine confiance. Finalement, en cas d'un accord international, les pays doivent décider d'un prix commun à la tonne de CO₂. Cette clarification des prix devrait permettre aux entreprises d'effectuer les bonnes décisions et les bons investissements (Aldy, Ley & Parry, 2008). La dernière question à préciser est « **Quand ?** ». Zhang et Baranzini (2004) montrent que la meilleure option est ce qu'ils appellent le « Border Tax Adjustment ». Elle reflète l'application du principe de destination où les biens doivent être taxés là où ils sont consommés ou réceptionnés.

II.IV.IV. *Introduction d'une taxe carbone pour le commerce électronique*

Nous voulons analyser l'impact d'une taxe carbone spécifique au transport pour les entreprises électroniques. Cette taxe s'appliquera ainsi sur l'ensemble des intrants énergétiques du transport, représenté par le taux d'émission des différents modes de transport. De plus, étant donné le principe de destination pour le commerce international traditionnel et le caractère B2C du commerce électronique, la taxe sera entièrement à charge de l'entreprise elle-même. Néanmoins, si elle le souhaite et si elle en a la possibilité, cette dernière pourrait répercuter la taxe dans la hausse de prix de livraison au client final.

Finalement, il reste une dernière question à éclaircir, celle du prix de la taxe carbone. Böhringer et Al. (2015) rappellent que chaque voyage doit être traité de manière individuelle et qu'il faut imposer un prix en fonction des émissions que le voyage a émis. Dans le rapport rendu par Postic et Métivier (2019), il est inscrit une recommandation concernant le prix de la taxe

carbone. Le rapport mentionne un prix entre 40 et 80 dollars par tonne de CO₂ en 2020 et donc respectivement 33,20 et 66,40 euros la tonne. Il établit également un prix à atteindre en 2030, soit 50 et 100 dollars ou respectivement 41,5 et 83 euros la tonne de CO₂.

En 2020, les niveaux nationaux de taxe carbone atteignent jusqu'à 122,79 euros la tonne de CO₂ en Suède (Postic & Fetet, 2020). Les chiffres recommandés dans le rapport de Postic et Métivier (2019) semblent ainsi ré-évaluer la taxe carbone à la baisse dans certains pays. Les niveaux appliqués aujourd'hui sont tellement différents d'un pays à l'autre que nous observons une incertitude globale concernant le prix optimal à mettre en place. C'est pour cette raison, qu'afin d'évaluer le niveau d'impact d'une taxe carbone spécifique au transport sur le comportement des entreprises électroniques, nous allons implémenter différentes charges de taxe carbone dans notre analyse. Un effet bénéfique de la taxe carbone sera observé si les entreprises sont contraintes sur le long terme à diminuer leur taux d'émission.

Dans la partie suivante consacrée à l'analyse de cas, nous allons ainsi évaluer le comportement des entreprises en fonction du taux de CO₂ applicable entre 2021 et 2030. Nous émettons dix voies différentes de tarification du carbone avec un palier annuel respectif à chaque voie, telles qu'illustré dans le tableau 5.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO₂	10 €	20 €	30 €	40 €	50 €	60 €	70 €	80 €	90 €	100 €
Voie n°2 - 20€/tonneCO₂	20 €	40 €	60 €	80 €	100 €	120 €	140 €	160 €	180 €	200 €
Voie n°3 - 40€/tonneCO₂	40 €	80 €	120 €	160 €	200 €	240 €	280 €	320 €	360 €	400 €
Voie n°4 - 50€/tonneCO₂	50 €	100 €	150 €	200 €	250 €	300 €	350 €	400 €	450 €	500 €
Voie n°5 - 70€/tonneCO₂	70 €	140 €	210 €	280 €	350 €	420 €	490 €	560 €	630 €	700 €
Voie n°6 - 90€/tonneCO₂	90 €	180 €	270 €	360 €	450 €	540 €	630 €	720 €	810 €	900 €
Voie n°7 - 100€/tonneCO₂	100 €	200 €	300 €	400 €	500 €	600 €	700 €	800 €	900 €	1.000 €
Voie n°8 - 120€/tonneCO₂	120 €	240 €	360 €	480 €	600 €	720 €	840 €	960 €	1.080 €	1.200 €
Voie n°9 - 150€/tonneCO₂	150 €	300 €	450 €	600 €	750 €	900 €	1.050 €	1.200 €	1.350 €	1.500 €
Voie n°10 - 200€/tonneCO₂	200 €	400 €	600 €	800 €	1.000 €	1.200 €	1.400 €	1.600 €	1.800 €	2.000 €

*Tableau 5 – Dix voies de tarification de carbone différentes en fonction du palier annuel
(€/tonneCO₂)*

----- PARTIE II – ANALYSE DE CAS -----

I. PREREQUIS A L'ANALYSE DE CAS

Après avoir éclairci l'histoire du commerce international et plus particulièrement celui du commerce électronique, il est maintenant question de son existence ainsi que de son développement futur. En effet, l'implémentation d'une taxe carbone telle que décrite dans la section précédente pourrait influencer l'horizon de ce secteur. L'essor de cette nouvelle économie va-t-il réellement être impacté et qui en subira les conséquences finales ? C'est ce à quoi nous tenterons de répondre dans cette seconde partie en analysant les possibles modifications logistiques des entreprises du secteur, tout en considérant le point de vue du consommateur final, maître dans les choix stratégiques du E-commerce.

I.I. Les éléments du coût de transport

Waters (2010) explique que le coût de distribution inclut tous les coûts compris dans le bien fourni au consommateur final, sans le coût de production. Les coûts du commerce électronique fonctionnent sur une base « Cost, Insurance, and Freight » tout comme le commerce traditionnel (Moneta, 1959). Ce système, également raccourci à CIF, signifie que le vendeur prend en charge ces trois éléments : coût de stockage, assurance et fret de marchandises (Miao & Fortanier, 2017). Au-delà de ces trois types de frais, le commerce électronique rencontre également des coûts imprévus dus à des livraisons échouées.

➤ Assurance

Il existe deux types d'assurances fréquemment contractées dans le commerce électronique. En premier lieu, le vendeur décide dans la majorité des cas de souscrire une assurance en cas de pertes ou de dommages durant le voyage (Miao & Fortanier, 2017). En second lieu, le E-commerce représente la vente en ligne et l'acheteur a difficile de juger réellement de la valeur du bien (Lin, Zhang & Cheng, 2020). Selon Bechwati et Siegal (2005), si aucun retour n'est accepté, les ventes risquent d'être réduites. C'est pour cette raison que beaucoup de vendeurs en ligne décident d'opter pour une politique de retour et dès lors, ils font appel à une compagnie d'assurance prenant en charge les retours après 7 à 14 jours de livraison (Chen & Grewal, 2013).

➤ Coût de stockage

A première vue, cet élément du coût de transport ne semble pas évident étant donné qu'il n'est pas inclus dans le transport lui-même mais dans l'intermédiaire des voyages. En effet, la

marchandise est stockée dans des entrepôts en attente des commandes des clients. Plus le temps de livraison est élevé, plus la quantité de stock est nécessaire à l'entrepôt (Waters, 2010). C'est une des raisons pour lesquelles les modes de transport rapides sont favorisés. Au-delà du stockage à l'entrepôt même, il y a également un coût d'inventaire lors du transport car nous stockons pour une certaine durée, des marchandises qui ne sont pas encore vendues et qui déprécient en termes de valeur.

➤ Fret de marchandises

La proportion de coût liée au fret est plus élevée dans les pays en voie de développement puisque la valeur des biens y est plus faible pour un même volume, et les distances plus longues à parcourir (Gouel et Salman, 2008). Néanmoins, globalement, cette part de coût de transport dépasse rarement 1,5% du prix final du bien (Nicolas, 2020). En bref, le fret de marchandises dépend du prix demandé par le transporteur, qui est généralement basé sur le mode de transport ainsi que sur les kilomètres nécessaires jusqu'à destination finale. En effet, Gouel et Salman (2008) nous apprennent que les facteurs du fret de marchandises les mieux connus sont les kilomètres parcourus et le volume des marchandises.

➤ Coût supplémentaire imprévu

Il arrive également que la livraison ne se passe pas comme prévue et engendre des frais supplémentaires. En effet, la tendance de la livraison à domicile a augmenté le nombre d'échec de réception de colis. Les personnes sont souvent absentes lors de la livraison, impliquant un report de livraison. McLeod, Cherrett et Song (2006) déclarent que le coût moyen d'une livraison ratée, incluant le retour au dépôt, le stockage, le call center et la livraison finale seule, est estimé entre 1,58 et 2,83 euros. Ils montrent également qu'en moyenne, 12% des livraisons sont ratées, provoquant ainsi une perte d'environ 76 millions d'euros par an. De plus, une livraison échouée fait perdre deux heures au processus habituel.

En conclusion, l'ensemble des coûts liés au transport augmentent avec les années (Gouel & Salman, 2008). La vie et l'inflation font que les prix évoluent, c'est une généralité. Mais, ce n'est pas cette hausse qui va dicter le futur du commerce électronique, ce sont plutôt les coûts inexistants de base, tels qu'une taxe carbone relative au transport. Ce nouveau coût ne se reflètera pas à tous les échelons des frais de transport. En effet, cette taxe est calculée sur base de la quantité de CO₂ émise, qui n'a aucun lien direct avec l'assurance, ni avec le coût de stockage. Par contre, il se reflète bien évidemment dans les deux derniers éléments liés au transport des marchandises disponibles sur les plates-formes en ligne.

I.II. Les choix logistiques influencés par la taxe carbone

Rappelons que la taxe carbone a pour objectif de réduire les émissions totales de CO₂ dans le monde. Effectuer un système de tracking des émissions est extrêmement complexe et coûteux surtout vu les nombreuses sources de CO₂ (Böhringer & Al., 2015). Mais, nous avons énoncé un tracking spécifique à ces émissions provenant du secteur du transport et pouvant ainsi être utilisé pour la taxation du commerce électronique. L'objectif central de toutes entreprises étant de maximiser le profit en minimisant les coûts, les entreprises du E-commerce développeront une nouvelle optimisation logistique en incluant la taxation émergente. Cette taxe environnementale est quantifiée sur base des émissions de CO₂ émises en lien avec la distance parcourue et le mode de transport. Ces deux éléments sont donc à analyser de pairs afin d'assurer des choix logistiques optimaux pour un profit annuel maximal.

I.II.I. Hiérarchie du coût des différents moyens de transport sans taxe carbone

Avant toute taxe supplémentaire sur les échanges internationaux, les entreprises du E-commerce ont dû opérer un choix sur le modèle logistique à utiliser. Plusieurs options existent en termes de modes de transport et d'itinéraires empruntés.

➤ Transport aérien

D'après Bagnaud (2018), la voie aérienne serait la plus coûteuse avec un prix compris entre 110 et 125 euros le kilo de marchandises. Si cette voie est la plus onéreuse, elle est également la plus rapide et la plus sécurisante et donc, la plus appropriée pour des biens légers et périssables. De plus, elle n'impose aucune limite territoriale malgré des capacités d'embarquement relativement limitées. Le besoin conséquent en combustible pour ce mode de transport inquiète Gouel et Salman (2008) puisqu'il ne cesse d'augmenter. En effet, accompagné d'une hausse du prix du carburant, ce dernier représentait 14% des frais d'exploitations des compagnies aériennes pour un total de 29% en 2007.

➤ Transport routier

Pour la voie terrestre, Bagnaud (2018) nous informe que la tarification se calculerait en fonction du poids transporté mais également, en tenant compte des précautions requises par la marchandise. Les prix sont cependant relativement stables sur le marché étant donné la large concurrence du secteur. De plus, aujourd'hui, il existe une exemption appliquée aux carburants routiers pour les poids lourds dépassant 7,5 tonnes (Guillou & Perrier, 2019). Néanmoins, les risques d'accidents sont plus élevés et les problèmes de circulation peuvent ralentir la livraison.

➤ Transport maritime

Les échanges internationaux par voie maritime sont tarifés au mètre cube. Ce mode semble idéal pour le transport d'un volume conséquent ainsi que pour une longue distance (Bagnaud, 2018). Gouel et Salman (2008) ajoutent que des économies d'échelles sont facilement effectuées compte tenu de l'égalité des coûts, malgré des quantités supplémentaires dans un même conteneur. Le coût de transport par voie maritime est de ce fait très intéressant, mais la durée du voyage est bien plus importante que pour tout autre mode de transport.

➤ Transport ferroviaire

En dernier lieu, Bagnaud (2018) annonce que la tarification du rail est calculée sur base du volume transporté et de la distance parcourue. Cette solution rapide et sécurisante est idéale pour les marchandises lourdes. Néanmoins, l'auteur signale que ce mode ne convient pas aux distances réduites étant donné une tarification décroissante au kilomètre (SNCF, 2019). De plus, Guillou et Perrier (2019) insistent sur le fait que le prix faible du train n'est pas suffisant pour sélectionner ce mode. L'absence de lignes ferroviaires est un réel obstacle à l'utilisation de cette voie de transport pour le fret international de marchandises.

I.II.II. *Hierarchie du coût des différents moyens de transport avec taxe carbone*

Une taxe carbone sur le transport va redessiner la hiérarchie des modes de transport en termes de coût total. En effet, pour un même poids et une même distance parcourue, la taxe carbone à payer variera en fonction du mode choisi par l'entreprise.

	Taux d'émission
Avion	1600 gmCO ₂ /tonne.km
Camionnette	200 gmCO ₂ /tonne.km
Poids lourd	170 gmCO ₂ /tonne.km
Bateau	20 gmCO ₂ /tonne.km
Train	10 gmCO ₂ /tonne.km

Tableau 6 – Taux d'émission par mode de transport.

(Source : IEA, 2021)

Du tableau 6, nous pouvons conclure que pour un même itinéraire, les frais liés à la taxe carbone sont 160 fois plus élevés par voie aérienne que par voie ferroviaire. Étant donné une large absence de voies ferrées pour le fret international de marchandises, la voie maritime semble la plus écologique et la plus adaptée pour suppléer aux modes de transport avec un taux d'émission plus élevé.

En réalité, le taux d'émission s'obtient surtout par la consommation de carburant émettant du CO₂. Herber et Raga (2010) affirment que pour cette raison, utiliser des combustions fossiles plus saines dans un même mode de transport, permet également de réduire l'émission totale. Tel qu'énoncé précédemment, le prix du carburant ne cesse d'augmenter, ce qui désavantage déjà les plus énergivores, tels que les avions. Avec cette taxe carbone supplémentaire, conjuguée aux externalités négatives de ce type de transport, cette hausse sera d'autant plus significative (Gouel et Salman, 2008).

En termes d'élasticité prix, celle de la consommation du pétrole sur le long terme est estimée entre -0.65 et -1 tandis que celle des kilomètres parcourus est estimée entre -0.1 et -0.4 (Baranzini, Goldemberg & Speck, 2000). De ces chiffres, nous pouvons déduire que le prix influence plus la consommation de pétrole que les chemins parcourus. De ce fait, si l'on veut réduire les émissions de CO₂, il est préférable d'agir sur une substitution des moyens de transport ou de combustibles plutôt que sur les chemins empruntés. Néanmoins, même si agir sur la distance semble être moins efficace pour réduire les émissions de CO₂, cela reste un élément à considérer pour diminuer la production du carbone (McKinnon, 2007). En effet, pour optimiser les chemins empruntés, l'auteur nous parle d'un nouveau développement de tracking de véhicules dans l'unique but de réduire les émissions de CO₂. Malheureusement, il est encore trop tôt pour en observer les effets positifs ou négatifs.

I.II.III. *En théorie versus en pratique*

En théorie et en rapport avec l'élasticité prix démontrée précédemment, une hausse du coût total va influencer le volume de biens échangés mondialement (Gouel et Salman, 2008). Cependant, même sans application d'une taxe environnementale, nous observons que les entreprises n'optent pas nécessairement pour le mode le plus efficient et le plus rentable. Les coûts n'influencent pas les choix logistiques à cent pourcent, les revenus générés par les clients sont également essentiels dans la prise de décision. En effet, les marchandises transportées par voie aérienne, coûteuse et polluante, sont choisies à des fins de rapidité ; ce qui est apprécié par le consommateur final. De plus, Baranzini, Goldemberg et Speck (2000) ajoutent que si le prix de la taxe carbone est relativement faible ou si la demande d'énergie est insensible aux changements de prix (inélastique), alors les émissions ne diminueront pas assez. Par conséquent, les objectifs fixés par l'accord de Paris ne seront probablement pas atteints.

Finalement, s'acheminer vers des modes de transport moins énergivores ou emprunter des chemins plus courts, ne sont pas les seuls moyens de réduire les émissions de CO₂. D'autres

alternatives peuvent être envisagées afin d'améliorer la rentabilité ainsi que les externalités négatives actuelles. En effet, McKinnon (2007) énonce plusieurs possibilités telles que l'investissement dans des véhicules électrifiables ou encore l'optimisation des chargements. Ces voies d'amélioration semblent justifiables et nous souhaiterions savoir si ces dernières, ou d'autres alternatives potentielles, peuvent être des solutions pour le commerce électronique soumis à une taxe carbone spécifique au transport.

I.III. Modèle d'optimisation logistique des cas d'analyses

Les prochaines sections concernent l'analyse de cas afin d'obtenir de vraies réponses à notre problématique et d'apporter de véritables solutions, envisageables pour l'ensemble du E-commerce. Chaque analyse ultérieure sera faite sur base d'un modèle logistique constitué d'une optimisation ainsi que de contraintes à respecter. L'optimisation à appliquer sera la suivante :

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & [\text{revenus} - (\text{coût distribution finale} + \text{coût distribution intermédiaire} \\ & + \text{taxe carbone sur distribution finale} \\ & + \text{taxe carbone sur distribution intermédiaire})] \end{aligned}$$

Le modèle d'optimisation est donc une maximisation des revenus, desquels sont soustraits l'ensemble des coûts de transport en respectant les contraintes de capacité des véhicules ; avec des délais de livraisons maximums acceptés, et toujours le même mode de transport pour un trajet identique. Les coûts de transport englobent donc les frais de base, additionnés de la taxe carbone, si celle-ci est d'application.

Pour conclure, dépendamment de l'analyse de cas, l'optimisation du modèle diffèrera selon le système logistique utilisé par l'entreprise. Mais, le modèle peut également être quelque peu modifié dans les paramètres utiles à l'optimisation. L'ensemble des modèles, l'optimisation utilisée ainsi que les contraintes considérées, seront référencées et expliquées en annexe.

II. MODELISATION – CAS INTERCONTINENTAL VERSUS MONDIAL

Evaluer comment le E-commerce pourrait réagir face à l'introduction d'une taxe carbone spécifique au transport dépend des conséquences de cette dernière sur leurs choix logistiques actuels. Nous allons analyser l'impact de la taxe sur base de deux acteurs clés du marché électronique. Le premier a été choisi afin d'analyser un commerce intercontinental et le second afin d'analyser une logistique mondialisée. Ces deux acteurs principaux sont respectivement, Zalando et Amazon. Pour chacun d'eux, nous commencerons par rédiger une courte introduction. Ensuite, après avoir récolté tous les paramètres nécessaires au modèle d'optimisation, l'analyse se réalisera en deux étapes consécutives : Tout d'abord, l'analyse de la situation actuelle, suivie de l'analyse de la mise en place de la taxe carbone, dans le but d'en extraire les conséquences et d'en tirer des conclusions.

II.I. Cas n°1 – Commerce intercontinental : Zalando

II.I.I. Introduction à l'entreprise Zalando

Brehm (2019) nous informe que les débuts de Zalando se sont déroulés en 2008 à Berlin sous la direction de David Schneider et Robert Gentz. L'entreprise débute avec une simple vente en ligne de chaussures. En 2019, elle se développe avec une large offre de produits fashion comprenant des chaussures, des appareils et des accessoires pour toute la famille (<https://fr.zalando.be/>). Aujourd'hui, l'entreprise étend son offre à 17 pays Européens. Nous pouvons donc parler d'un modèle logistique intercontinental (Annexe 6).

2008	2009	2010	2011	2012	2018
Allemagne	Autriche	Pays-Bas France	Royaume-Uni Italie Suisse	Suède Belgique Luxembourg Espagne Danemark Pologne Finlande Norvège	République Tchèque Irlande

Tableau 7 – Année d'intégration des pays desservis par Zalando

(Source : « Zalando », 2021)

D'après Brehm (2019), cette entreprise électronique a une grande réputation au sein de l'Union Européenne. Elle possède une base massive de clients et un important réseau de fournisseurs et de partenaires. Acteur primaire dans le marché Européen du fashion, les concurrents sont relativement nombreux. En effet, l'ensemble des vendeurs en ligne Européens ou même mondiaux sont susceptibles d'être des concurrents directs.

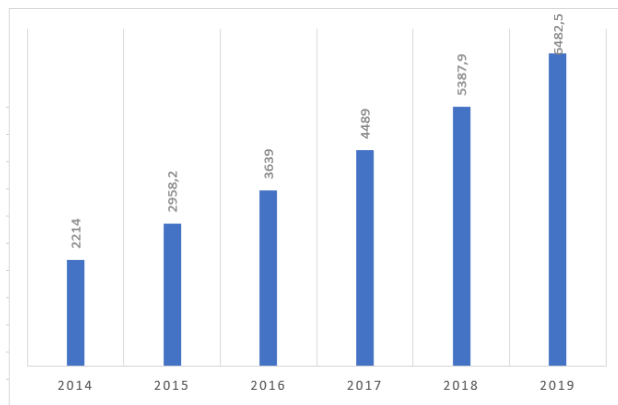


*Figure 3 – Revenu annuel de Zalando
(Millions d'euros)*

(Source : Zalando, 2020)

Depuis 2014, l'entreprise ne cesse de monter en puissance (Figure 3) et les indicateurs de performances indiqués dans le rapport trimestriel de Zalando (2020) le démontrent clairement (Annexe 7). Le nombre de visiteurs a été multiplié par le facteur quatre environ entre 2014 et 2019. Durant la même période, le nombre de clients actifs a doublé et le nombre de commandes multipliées approximativement par trois. Cette augmentation générale est également due à

la croissance du PIB. En effet, Brehm (2019) signale que le PIB de l'Union Européenne augmente en moyenne de 1,8% par an, l'Allemagne, le Royaume-Uni et la France étant les plus grands acteurs économiques Européens, constituent respectivement 21%, 15% et 14% du PIB Européen.

Concernant son modèle logistique, le réseau de Zalando est composé de deux éléments centraux : des entrepôts situés dans quelques pays Européens (Annexe 8) ainsi qu'un service logistique de distribution à travers les territoires desservis (Zalando, 2020a). Les entrepôts forment un « Hub-and-Spoke distribution » où les cinq centres d'approvisionnements en Allemagne forment le « Hub » et les entrepôts externes au pays, le « Spoke ». L'entreprise communique via son site officiel que ces localisations ont été choisies stratégiquement afin d'assurer les livraisons et les retours d'une manière la plus efficiente possible. En résumé, Zalando (2020) explique que le voyage d'un colis débute par la préparation de la commande dans l'un de ses entrepôts. Ce même colis est ensuite livré au centre postal du pays de l'acheteur qui se charge de la livraison à domicile lors de sa tournée journalière. L'ensemble des coûts relatifs au transport des articles tournent autour de 26% des revenus générés par les ventes. Une légère hausse de ces coûts est observée au fil du temps, qui peut s'expliquer par l'évolution du prix du carburant.

II.I.II. *Données utiles à l'analyse*

Pour l'analyse du cas de Zalando, nous concevons un système logistique tel que les articles mis en vente sur la plate-forme de l'entreprise électronique, sont livrés à l'entrepôt central localisé à Erfurt. Ces envois ne sont pas à charge de Zalando mais bien à charge des partenaires désirant

utiliser la plate-forme pour vendre leurs articles. En revanche, Zalando a la charge d'approvisionner les autres entrepôts une fois par semaine avec les articles réceptionnés à Erfurt, en fonction de la demande de l'entrepôt. Cette étape représente la distribution intermédiaire. Ensuite, l'entreprise prend également en charge les envois de colis vers les centres postaux nationaux. Cette seconde étape représente la distribution finale dans notre modèle d'optimisation. Finalement, chaque centre postal possède une tarification de livraison par colis que Zalando doit payer. Le modèle d'optimisation journalier adéquat est le suivant⁵:

$$\begin{aligned}
Max \quad & \sum_i x_i \cdot PF - 1,5 \cdot \sum_i PC_i \cdot x_i - 2 \cdot \sum_i \sum_j \sum_m KM_{i,j,m} \cdot P_m \cdot NFCL_{i,j,m} \cdot a_{i,j,m} \\
& - \frac{2}{7} \cdot \sum_j \sum_m KMI_{j,m} \cdot P_m \cdot NC_{j,m} \cdot b_{j,m} \\
& - 2 \cdot TC \sum_i \sum_j \sum_m \frac{E_m \cdot \left(\frac{C_m}{2}\right)}{1.000.000.000} \cdot KM_{i,j,m} \cdot NFCL_{i,j,m} \cdot a_{i,j,m} \\
& - \frac{2}{7} \cdot TC \sum_j \sum_m \frac{E_m \cdot \left(\frac{C_m}{2}\right)}{1.000.000.000} \cdot NC_{j,m} \cdot KMI_{j,m} \cdot a_{j,m}
\end{aligned}$$

Afin de résoudre ce modèle d'optimisation de la logistique de Zalando, nous avons besoin de récolter l'ensemble des paramètres nécessaires (Annexe 9).

- ❖ PF : Le prix moyen d'une commande est de 57,4 euros (Annexe 7).
- ❖ x_i : En 2019, le nombre de commandes atteignait 144,9 millions (Zalando, 2020).

[Hypothèse 1 – La demande par nation est répartie en fonction du nombre d'acheteurs en ligne en Europe en 2018 (Statista, 2018).] (Annexe 10)

- ❖ y_i : La demande des centres postaux x_i est fournie par l'entrepôt le plus proche (Annexe 13). En multipliant par 7, pour une demande hebdomadaire, nous obtenons la demande des entrepôts (Annexe 11).
- ❖ PC_i : La tarification par colis dépend des centres postaux (Annexe 12).
- ❖ $KM_{i,j,m}$: La distance entre chaque entrepôt et centre postal est calculée via Google Maps et est exprimée en kilomètres (Annexe 13).

[Hypothèse 2 – Les entrepôts sont localisés de manière à ce qu'ils soient très proches du centre postal du même pays.]

⁵ Explication du modèle d'optimisation voir annexe 9

- ❖ P_m : Le tarif de la voie terrestre est fonction du poids et de la taille du véhicule (Annexe 14). Pour la voie ferroviaire, la SCNF (2019) impose une tarification décroissante au kilomètre parcouru (Annexe 15). En supposant que Zalando possède un compte client, le prix de l'Eurotunnel pour accéder au Royaume-Uni équivaut à 195,2 euros pour un aller (Le Shuttle Freight, 2021). Ensuite, le transport maritime est négligé puisqu'il est très peu utilisé dans les échanges européens. Tout comme la voie maritime, vu les distances raisonnables à parcourir, le transport aérien est considéré comme non indispensable. En réalité, il est évident que ces deux modes sont utilisés mais ils seront considérés comme frais supplémentaire étant donné le pourcentage faible par rapport aux modes terrestre et ferroviaire.
- ❖ $KMI_{j,m}$: Les kilomètres entre Erfurt et les autres entrepôts de Zalando par la voie terrestre sont calculés via Google Maps (Annexe 13).

[Hypothèse 3 – Les kilomètres à parcourir par voie terrestre et ferroviaire sont identiques.]

- ❖ TC : La taxe carbone à considérer dépend de la voie de tarification et est exprimée en €/tonneCO₂ (Tableau 5).
- ❖ E_m : Le taux d'émission est fonction du mode de transport et est exprimé en gCO₂/km.tonne (Tableau 6).
- ❖ C_m : La capacité des véhicules routiers dépend du volume du véhicule (Annexe 14). Pour la voie ferroviaire, un wagon à deux essieux ne peut dépasser 18 tonnes de marchandises (International Transport Forum, 2015). Ce type de véhicule mesure 12 mètres de long, 2,75 mètres de large et 2,5 mètres de haut. La capacité maximale par wagon est donc de 5.800 colis.

[Hypothèse 3 - Le colis moyen pèse 500 grammes et mesure 40x8x40cm.]

- ❖ D_i : Le délai de livraison à respecter pour chaque pays desservi est celui énoncé par Zalando sur leur site officiel (Annexe 12).
- ❖ $DL_{i,j,m}$: Le délai de livraison est calculé en tenant compte de la vitesse moyenne du fret ferroviaire : 100km/h. Quant au transport routier, le délai est communiqué via Google Maps (Tableau 9). Il faut considérer qu'un conducteur peut conduire au maximum 9 heures par jour avec 45 minutes de pause entre chaque séance de 4H30 de route (Commission européenne, 2021).

[Hypothèse 4 – Le délai inclut une heure de chargement et une heure de déchargement pour chaque voyage.]

II.I.III. Analyse de la situation actuelle sans taxe carbone

➤ Etape 1 – Distribution intermédiaire par Zalando

La distribution intermédiaire dans ce cas représente l’approvisionnement des entrepôts une fois par semaine. Concernant le mode de transport utilisé lors de ces trajets, un commerce intercontinental est principalement desservi par le transport routier (Cristea & Al., 2013).

[Hypothèse 5 - L’approvisionnement hebdomadaire s’effectue via la voie terrestre avec des véhicules de grande capacité afin de faire des économies d’échelles.]

Destination/Origine	Erfurt (Km)	Nombre de commandes	Capacité par camion	Nombre de véhicules	Prix Aller	Prix Aller-Retour
Mönchengladbach	421	350284	6396	55	42.623,72 €	85.247,45 €
Lahr	482	158260	6396	25	22.181,64 €	44.363,28 €
Milano	795	150199	6396	24	35.122,46 €	70.244,93 €
Paris	823	1239945	6396	194	293.905,81 €	587.811,62 €
Szczecin	476	74104	6396	12	10.514,65 €	21.029,30 €
Stockholm	1364	95592	6396	15	37.662,77 €	75.325,54 €
Gdansk	839	121900	6396	20	30.888,62 €	61.777,25 €
Lodz	697	74104	6396	12	15.396,45 €	30.792,90 €
Verone	830	150199	6396	24	36.668,74 €	73.337,47 €
Grodbeeren	285	196606	6396	31	16.263,47 €	32.526,94 €

Tableau 8 – Coût hebdomadaire de l’approvisionnement des entrepôts

Le prix d’un aller est calculé en multipliant les kilomètres totaux par 1,84€, le prix au kilomètre d’un véhicule avec une capacité de 6.396 colis (Annexe 14). Ces coûts représentent 1.082.456,669 euros par semaine et donc **56.278.747** euros annuellement.

➤ Etape 2 – Distribution finale par Zalando

La distribution finale dans ce cas représente l’approvisionnement journalier des centres postaux. Dans cette seconde étape, nous devons émettre deux hypothèses supplémentaires.

[Hypothèse 6 – Le centre postal est desservi par l’entrepôt le plus proche.]

[Hypothèse 7 – La capacité des entrepôts permet de satisfaire la demande des centres postaux à proximité à 100%.]

A nouveau, le mode de transport supposé pour cette seconde étape serait la voie terrestre étant donné qu’il s’agit d’un commerce intercontinental. Cependant, aucune information officielle n’est communiquée à ce sujet. Pour cette raison, nous allons calculer le délai routier nécessaire pour chaque destination ($DL_{i,j, \text{camion}}$) afin de vérifier s’ils respectent les délais assurés par Zalando (Annexe 12).

Suivant les délais calculés, nous remarquons dans le tableau 9 que toute destination peut être effectuée par camion.

Cependant, l'entreprise électronique Zalando fournit également des clients provenant du Royaume-Uni et de l'Irlande qui ne sont pas accessibles entièrement via voie terrestre. Dans ces deux cas, il y a nécessité d'un autre moyen de transport tel que le train, l'avion ou le bateau. Nous voulons représenter la situation actuelle et donc nous devons nous baser sur les délais que Zalando assure.

Centre postal	Délai (Jours)	Délai maximum de Zalando (Jours)
Allemagne	3 jours	3-5 jours
Belgique	2 jours	2-5 jours
France	3 jours	1-4 jours
Espagne	3/4 jours	3-6 jours
Italie	7 jours	6-9 jours
Autriche	5 jours	2-5 jours
Pologne	2 jours	2-5 jours
Suisse	3 jours	2-5 jours
Pays-Bas	3 jours	1-4 jours
Danemark	3 jours	2-5 jours
Norvège	3/4 jours	4-7 jours
Finlande	5 jours	5-9 jours
Suède	2 jours	2-5 jours
Royaume-Uni	3 jours	3-5 jours
Irlande	6 jours	6-9 jours
Tchéquie	3 jours	2-5 jours
Luxembourg	2 jours	2-5 jours

Tableau 9 – Délai routier versus délai à respecter

(Source : Zalando)

En premier lieu, Zalando prévoit une livraison en 3 à 5 jours ouvrables pour les clients du Royaume-Uni. Ce délai rend le transport maritime impossible dû au temps de livraison trop élevé. Par contre, une voie rapide et facile est accessible via l'Eurotunnel. Pour cette raison, le mode ferroviaire en complément du mode terrestre est sélectionné pour ce pays. En second et dernier lieu, l'Irlande possède un délai plus long de 6 à 9 jours ouvrables et peut ainsi laisser place à la voie maritime, qui est obligatoire si la voie aérienne n'est pas priorisée. Finalement, en combinant les frais liés aux trois modes de transport utilisé lors de cette seconde étape, les coûts s'élèvent à 38.628,2 euros par jour soit 14.099.294,46 euros par an. Puisque cette étape comprend l'aller et le retour, ces chiffres sont multipliés par deux, soit **28.195.588,92** euros annuellement (Annexe 16).

➤ Etape 3 – Livraison à domicile par le service postal

La livraison à domicile est effectuée par le service postal du pays où le client réside. Zalando doit donc payer les services postaux pour chaque colis distribué. En multipliant le nombre de colis journalier par le prix au colis qu'ils imposent (Annexe 16), nous obtenons le prix total de l'étape finale. De plus, Zalando (2021) nous informe qu'environ 50% des colis sont retournés. Le coût final sera donc le coût de la livraison de base multiplié par 1,5. En somme, nous obtenons un coût de 4.005.574 euros par jour, soit **1.462.034.509,64** euros annuellement.

Ensemble, les coûts de livraison des trois étapes précédentes s'élèvent à **1.546.508.546,56** euros par an dont 94,5% proviennent de la troisième étape. Considérant un prix moyen de vente de

57,4 euros, le modèle d'optimisation résulte en un profit⁶ journalier de 18.550.003,98 euros, soit **6.770.751.453** euros par an. En réalité, en 2019 l'entreprise a totalisé 1.766.600.000 euros de frais de transport (Zalando, 2020). Nous sommes donc à 87,54% d'exactitude avec les faits réels. La différence provient probablement de la marge d'erreur des paramètres mais également des frais engendrés par la voie aérienne, que nous avons négligée. En effet, il est évident que des voies Express sont utilisées puisque DHL Express est un des partenaires sélectionnés pour la livraison à domicile (Annexe 12).

II.I.IV. *Analyse des conséquences de la taxe carbone sur la situation actuelle*

La logistique actuelle de Zalando se résume donc à un trafic massif de poids lourds accompagné d'un passage maritime pour se rendre en Irlande et d'un passage ferroviaire pour accéder au Royaume-Uni. Rappelons que chaque mode de transport émet une quantité de CO₂ différente : (1) Poids lourd = 170 gCO₂/tonne.km ; (2) Bateau = 20gCO₂/tonne.km et (3) Train = 10 gCO₂/ton.km (McKinnon, 2007). De plus, nous analysons dix voies de tarification différentes entre 2021 et 2030 (Tableau 5).

La question maintenant étant de savoir qui est chargé de payer cette taxe dans le cas de l'entreprise Zalando. La taxation directe s'impose sur les actifs de l'entreprise, les biens immobiliers qui forment leur flotte terrestre. Zalando devra donc payer la taxe relative aux émissions de CO₂ des transports de la première et de la seconde étape. En effet, la dernière étape est effectuée par des partenaires qui devront payer la taxe carbone relative à leurs émissions également. Zalando ne sera donc pas en charge de cette taxe directement mais peut l'être de manière indirecte suite à une hausse des prix par colis imposée par les services postaux.

Quotidiennement, les émissions totales de CO₂ émises par la logistique de Zalando équivalent à 63,42 tonnes. Ce montant est calculé en multipliant le taux d'émission en fonction du type de véhicule et de sa taille, par le nombre total de kilomètres parcourus ainsi que par le poids des marchandises transportées. Annuellement, l'entreprise électronique émet donc **23.147** tonnes de CO₂. Compte tenu d'une demande annuelle de 144.900.000 colis, chacun d'entre eux est responsable en moyenne de 0,0001597 tonnes de CO₂. Ainsi le prix de la taxe carbone pour chaque colis, en fonction de la voie de tarification n°1, n°5 et n°10 est présentée dans le tableau 10.

⁶ En général, Profit = revenus – coûts. Dans notre cas, Profit = revenus – coûts de transport.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n° 1 - 10€/tonneCO2	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,01 €	0,01 €	0,01 €	0,01 €	0,01 €	0,01 €	0,02 €
Voie n° 5 - 70€/tonneCO2	0,01 €	0,02 €	0,03 €	0,04 €	0,06 €	0,07 €	0,08 €	0,09 €	0,10 €	0,11 €
Voie n° 10 - 200€/tonneCO2	0,03 €	0,06 €	0,10 €	0,13 €	0,16 €	0,19 €	0,22 €	0,26 €	0,29 €	0,32 €

Tableau 10 – Taxe carbone à payer par commande par Zalando

Dans un cas extrême où la voie de tarification est constituée d'un palier annuel de 200 euros par tonne de CO₂ émise, une augmentation de 4 cents par an est nécessaire afin de garder le profit actuel. Cette hausse minime va pouvoir être répercutée dans le prix des articles sans même que le consommateur ne s'en aperçoive. Elle sera considérée comme une hausse de prix générale et n'impliquera pas une perte de clientèle qui se tournerait vers d'autres concurrents ayant des prix visiblement plus faibles.

En conclusion, le commerce intercontinental en Europe, constitué d'entreprises de type Zalando, ne sera en aucun cas impacté par une taxe carbone. Le fonctionnement actuel peut perdurer pendant de longues années, même si le prix de la taxe carbone évolue fortement. Néanmoins, les livraisons Express seront à analyser de plus près étant donné leurs taux d'émissions élevés, mais ceci n'est qu'une affaire de gestion quotidienne de la chaîne d'approvisionnement et ne requiert donc rien d'alarmant à l'introduction d'une taxe carbone spécifique au transport.

II.II. Cas n°2 – Commerce mondial : Entreprise de type Amazon

II.II.I Introduction à l'entreprise Amazon

Amazon a été fondé en 1994 par l'entrepreneur Jeff Bezos (Capitalism, 2020). D'après l'article, l'entreprise est actuellement une des plus importantes sur le marché mondial du E-commerce. Assurément, partant d'une simple vente de livres à distance, le dirigeant décide de s'étendre à une gamme de produits de tous types, pour un volume de plus de 1.630 millions d'articles (AbcSupplyChain, 2019).

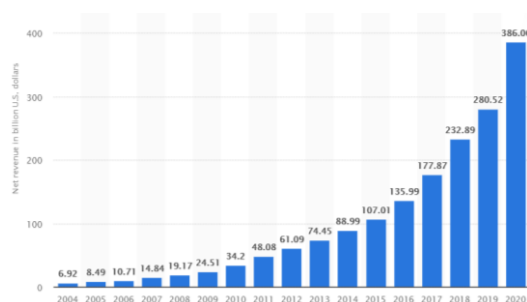


Figure 4 – Revenu net annuel d'Amazon en milliards de dollars

(Source : Capitalism, 2020)

« Our goal is to be earth's most customer-centric company where people can find and discover anything they want to buy and deliver to everyone on the planet. »

(Jeff Bezos, Founder & CEO)

Amazon a démontré tout au long de son activité, ses qualités dans la gestion quotidienne des livraisons en respectant à la perfection les attentes des clients. Néanmoins, contrairement à Zalando, l'entreprise n'a pas de politique de livraison et de retour 100% gratuit. Chaque article acheté possède un prix de livraison unique. En revanche, pour les plus fidèles, « Amazon Prime » est un abonnement mensuel ou annuel garantissant un délai de livraison de deux jours ouvrables maximum (Capitalism, 2020).

Amazon enregistre 1,6 millions de commandes quotidiennement, soit 66.000 par heure ou 18,5 par seconde (Amazon, 2020). Afin d'assurer une logistique parfaite, AbcSupplyChain (2019) nous apprend que 808 sites d'entrepôt sont en place à travers le globe pour une superficie de près de 20 millions de mètres carrés. Près de la moitié de cette surface se situe aux Etats-Unis vu l'origine de l'entreprise. Tout comme Zalando, Amazon est une plate-forme rassemblant des acheteurs et des vendeurs dans le but de créer de la plus-value pour les deux parties. Le fonctionnement des échanges est tel que les commerçants envoient leurs articles dans les entrepôts d'Amazon qui les stockent en attendant l'achat du client. Dès qu'un client achète un ou plusieurs articles, Amazon prépare la commande et se charge de la livraison à domicile. Aujourd'hui, la majorité de ces livraisons sont sous-traitées mais l'entreprise électronique a pour objectif de créer une flotte personnelle chargée de la livraison finale.

En résumé, Amazon s'appuie sur un élément fort pour combler les acheteurs : la rapidité des services. Pour y parvenir, Amazon a développé sa propre flotte aérienne appelée « Amazon Prime Air ». Ces livraisons Express ont fait exploser le coût de transport (AbcSupplyChain, 2019). En effet, le rapport de Statista (2021b) montre des coûts annuels de transport de 3 milliards de dollars en 2011, et un total de 62 milliards de dollars en 2020. Au-delà de ces coûts, dans un système logistique mondial avec des délais de livraison courts et des longues distances à parcourir, il en résulte une utilisation régulière de transports polluants. De ce fait, nous pouvons imaginer un impact conséquent à l'introduction d'une taxe carbone. Pour la suite de l'analyse, étant donné la complexité d'Amazon, nous allons nous focaliser sur un cas de « type Amazon » qui se basera sur les faits et les données de l'entreprise de référence avec un système logistique simplifié.

II.II.II. *Données utiles à l'analyse*

Pour l'analyse du cas de type Amazon, nous émettons un système logistique tel que l'ensemble des articles à vendre sont envoyés aux entrepôts de l'entreprise par leur commerçant, à leurs propres frais. Ensuite, les commandes des clients sont enregistrées au centre de distribution le

plus proche et constitue ainsi la demande. Le réseau d'entrepôts a pour mission de fournir quotidiennement la demande de ces centres de distribution (Annexe 17). Ces voyages représentent la distribution intermédiaire. Enfin, les derniers kilomètres sont réalisés jusqu'au domicile de l'acheteur à partir du centre de distribution le plus proche (Avelar, 2020). Cette seconde étape constitue la distribution finale de notre modèle d'optimisation. Nous pouvons dès lors appliquer le modèle adéquat à ce nouveau cas d'analyse⁷ :

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & \sum_i x_i \cdot P - 2 \cdot \sum_i PC \cdot NC_i \cdot KM_i - 2 \cdot \sum_i \sum_j \sum_m NFCL_{i,j,m} \cdot PM_{i,j,m} \cdot a_{i,j,m} \\
 & - 2 \cdot TC \sum_i \frac{EC \cdot CA}{1.000.000.000} \cdot KM_i \cdot NC_i \\
 & - 2 \cdot TC \sum_i \sum_j \sum_m \frac{E_m \cdot C_m}{1.000.000.000} \cdot NFCL_{i,j,m} \cdot KM_{i,j,m} \cdot a_{i,j,m}
 \end{aligned}$$

Afin de résoudre ce modèle d'optimisation de la logistique de l'entreprise de type Amazon, nous avons besoin de l'ensemble des paramètres utilisés (Annexe 19).

- ❖ P : La commande moyenne équivaut à 98 dollars soit 82,88 euros (Statista, 2020).
- ❖ x_i : En 2019, le revenu net des produits d'Amazon est de 182.600 millions d'euros. Etant donné un prix moyen de 82,88 euros par commande, la demande annuelle est de 2.203 millions de commandes, soit 6.030.847 de commandes par jour (Amazon, 2020).

[Hypothèse 1 - La demande par centre de distribution est calculée en fonction de la proportion des revenus par pays (Capitalism, 2020) et du top 10 mondial des acteurs du commerce électronique (Jules, 2021).] (Annexe 18)

- ❖ PC : Le prix au kilomètre pour la distribution finale est de 0,48€/km (Annexe 21).

[Hypothèse 2 – La flotte terrestre de livraison finale de l'entreprise est constituée de camionnettes de $3m^3$].

- ❖ KM_i : La distance moyenne entre le centre de distribution et le client est exprimée en kilomètres (Annexe 20).

[Hypothèse 3 – La distance moyenne est calculée sur base de la superficie du pays et du nombre de centres de distribution par pays.]

- ❖ CA : La capacité des camionnettes de livraison est de 93 colis (Annexe 21).

[Hypothèse 4 – Le colis moyen pèse 1 kg et mesure 40x40x20cm.]

⁷ Explication du modèle d'optimisation voir annexe 19.

- ❖ $KMI_{i,j,m}$: Les kilomètres sont calculés pour les quatre modes de transport (Annexe 23).

[Hypothèse 5 – L'ensemble des voies ferrées peuvent être utilisées pour le commerce.]

[Hypothèse 6 – Pour la voie maritime, les kilomètres sont calculés entre le port le plus proche des entrepôts ou des centres de distribution (Annexe 22).]

- ❖ $PM_{i,j,m}$: Le prix d'un chargement de la voie aérienne et maritime est calculé sur base du simulateur World Freight Rates (2021) en ligne. Le prix d'un chargement de la voie terrestre est calculé sur base des kilomètres à parcourir et du type de véhicule. Finalement, le prix d'un chargement via la voie ferroviaire est en fonction des kilomètres à parcourir et du tarif imposé par la SNCF (Annexe 15).

[Hypothèse 7 – Au-delà de 1500 km par voie ferroviaire, le prix est fixé à 3 euros/km].

- ❖ $PR_{i,j}$: La proportion de la demande du centre fourni par l'entrepôt, multiplié par $PM_{i,j,m}$, nous amène au prix final du voyage (Annexe 24).

[Hypothèse 8 – Les commandes des clients proviennent à 60% de l'entrepôt le plus proche, 20% des entrepôts du même continent et 20% d'autres entrepôts].

[Hypothèse 9 – Nous comptabilisons 6 continents en distinguant l'Amérique du Sud de l'Amérique du Nord.]

- ❖ C_m : Pour le transport aérien, le poids maximum est de 250 kg pour un volume maximum de $1.500.000\text{ cm}^3$ par vol (World Freight Rates, 2021). De ce fait, la capacité maximale pour un vol est de 46 colis. Pour les autres modes de transport utilisant des conteneurs d'un volume de 82 m^3 , la capacité maximale est de 2.542 colis par voyage (Annexe 21).

[Hypothèse 10 – Pour assurer un transport multimodal efficace, la voie maritime, ferroviaire et routière se coordonnent sur un transport de conteneur de 82 m^3 .]

- ❖ $D_{i,j}$: Le délai de livraison maximum annoncé par Amazon est de 14 jours. Le délai est réduit à 7 jours pour une livraison intercontinentale (<https://amazon.fr/>).
- ❖ $DL_{i,j,m}$: Le délai moyen de livraison par mode de transport provient de sources en ligne : <https://sea-distances.org/> et <https://www.rome2rio.com/> (Annexe 25).
- ❖ TC : La taxe carbone à considérer dépend de la voie de tarification et est exprimée en €/tonneCO₂ (Tableau 5).
- ❖ EC : Le taux d'émission d'une camionnette est de 200gm/tonneCO₂ (McKinnon, 2007).
- ❖ E_m : Le taux d'émission est en fonction du mode de transport et est exprimé en gCO₂/km.tonne (Tableau 6).

II.II.III. Analyse de la situation actuelle sans taxe carbone

Nous considérons cinq possibilités de transport dans l'analyse de la situation initiale de l'entreprise de type Amazon : Camion ; Train ; Avion ; Bateau ; Bateau et Camion (multimodal 1) ainsi que Bateau et Train (multimodal 2). Le deuxième choix inclut également une faible distance effectuée en camion pour arriver aux gares ferroviaires s'il est nécessaire. Enfin, le transport aérien n'est jamais soumis au transport multimodal puisque tout entrepôt ou centre de distribution peut être atteint directement via cette voie. De plus, l'avion est le transport le plus coûteux où le prix ne diffère que très peu en fonction de la distance parcourue.

➤ Etape 1 – Distribution intermédiaire par l'entreprise électronique

Le modèle d'optimisation développé précédemment, nous révèle le mode de transport le plus rentable pour chaque voyage reliant un entrepôt et un centre de distribution. La contrainte relative aux délais impose le mode le moins coûteux respectant les délais d'Amazon (Annexe 25). Sur base de la demande à fournir (Hypothèse 8) et du mode de transport utilisé pour chaque itinéraire, l'approvisionnement des centres de distribution équivaut à un coût journalier de **59.924.297,5** euros. Pour une demande de 6.030.847 commandes par jour à 82,88 euros, les revenus équivalent à **499.836.599,36** euros par jour. Le coût de transport intermédiaire représente donc 11,99% des revenus totaux.

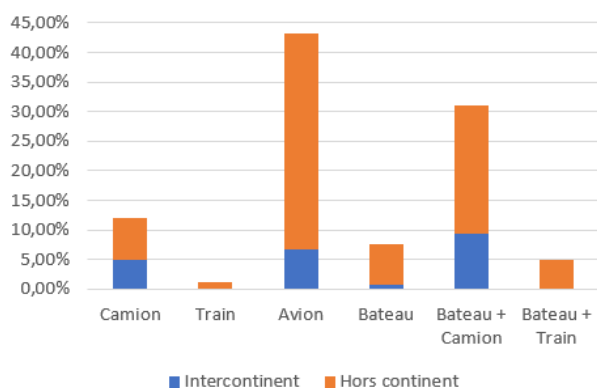


Figure 5 – Proportion des modes de transport pour la distribution intermédiaire intercontinentale et mondiale

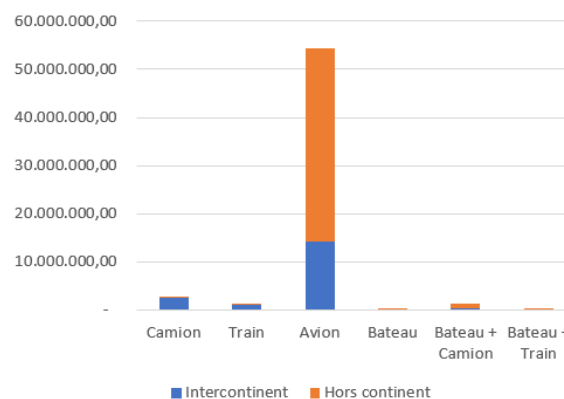


Figure 6 – Coût des modes de transport pour la distribution intermédiaire intercontinentale et mondiale (Euros)

Sur base de ces deux figures, nous observons que près de la moitié des voyages intermédiaires sont effectués par avion. Vu le coût de ce mode de transport, cela implique des coûts logistiques très importants. À côté de cela, la deuxième option la plus utilisée est le multimodal 1 composé

du bateau et du camion, grâce à son coût faible. Finalement, la voie ferroviaire est quant à elle totalement omise des choix logistiques jusqu'à présent.

➤ Etape 2 – Distribution finale par l'entreprise électronique

Comme énoncé auparavant, les derniers kilomètres sont exclusivement effectués en camionnette ayant une capacité de 93 colis. Le délai de la livraison à domicile dépend de la distance entre chaque colis et de la vitesse du véhicule. En bref, il faut compter entre 1 à 3 jours ouvrables à partir du centre de distribution le plus proche du client (Annexe 20). En multipliant

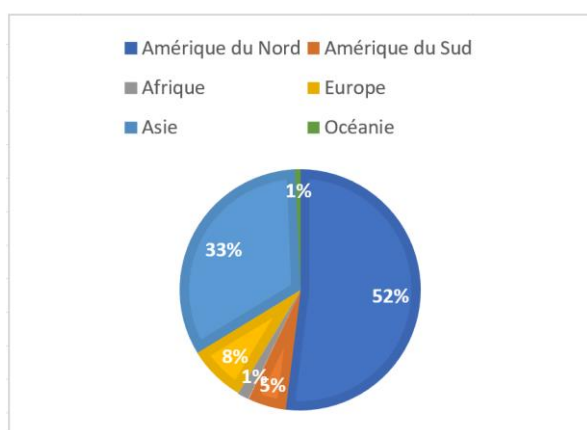


Figure 7 – Proportion des coûts de distribution finale par continent (%)

les kilomètres parcourus au total par 0,48€/km, nous obtenons un coût de **8.271.762,19** euros par jour pour cette seconde étape. Cette somme représente 1,65% des revenus totaux. La figure 7 nous montre la proportion de ces coûts en fonction des continents. On en déduit que l'Amérique du Nord et l'Asie forment à eux seuls 85% des coûts de la distribution finale.

En conclusion, l'ensemble des coûts de transport s'élèvent à **68.196.059,69** euros par jour, soit 13,64% des revenus.

II.II.IV. Analyse des conséquences de la taxe carbone sur la situation actuelle

La logistique actuelle de l'entreprise de type Amazon se résume donc à l'utilisation de tout mode de transport. Rappelons que chaque mode de transport émet une quantité de CO2 différente : (1) Poids lourd = 170 gCO2/tonne.km ; (2) Camionnette = 200gCO2/tonne.km ; (3) Bateau = 20gCO2/tonne.km ; (4) Train = 10 gCO2/tonne.km ; (5) Avion = 1600gCO2/tonne.km (McKinnon, 2007). De plus, nous analysons dix voies de tarifications différentes entre 2021 et 2030 (Tableau 5).

L'entreprise électronique aura directement la charge de la taxe carbone liée à l'ensemble des émissions de CO2 provenant de ses actifs mobiliers. Mais, elle aura également indirectement la charge de la taxe carbone relative aux émissions du transport maritime, ferroviaire et aérien lors d'une hausse des prix des partenaires de transport.

[Hypothèse 11 – La hausse de prix des partenaires de transport équivaut à la taxe carbone relative aux émissions émises durant le voyage.]

D'abord, les émissions de CO₂ liées à l'approvisionnement des entrepôts équivalent à **27.690,54** tonnes par jour. Ce résultat est obtenu en multipliant le taux d'émission du mode de transport choisi, par le nombre total de kilomètres parcourus, ainsi que par le poids des marchandises transportées. Par le même raisonnement, nous obtenons **320,74** tonnes de CO₂ émises par jour pour la distribution finale. Etant donné une demande journalière de 6.030.847 commandes, chacune d'entre elle est responsable de 0.004645 tonnes de CO₂ dont 98,85% provient de la distribution intermédiaire. Ainsi, le prix de la taxe carbone pour chaque colis en fonction de la voie de tarification n°1, n°5 et n°10 est illustré dans le tableau 11.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO ₂	0,05 €	0,09 €	0,14 €	0,19 €	0,23 €	0,28 €	0,33 €	0,37 €	0,42 €	0,46 €
Voie n°5 - 70€/tonneCO ₂	0,33 €	0,65 €	0,98 €	1,30 €	1,63 €	1,95 €	2,28 €	2,60 €	2,93 €	3,25 €
Voie n°10 - 200€/tonneCO ₂	0,93 €	1,86 €	2,79 €	3,72 €	4,65 €	5,57 €	6,50 €	7,43 €	8,36 €	9,29 €

Tableau 11 - Taxe carbone à payer par commande par Amazon

Tout comme le premier cas d'analyse intercontinental, si la première voie de tarification est d'application, les consommateurs n'apercevront pas la hausse de prix annuelle. L'entreprise pourra dès lors transférer cette hausse de coût sur le prix de vente sans en affecter le volume. Néanmoins, à un palier de 70€/tonneCO₂, restant une incrémentation annuelle raisonnable, la hausse de prix est estimée à 3,25€ en 2030. Cette hausse n'est plus négligeable et sera constatée par le consommateur qui pourrait potentiellement modifier son comportement d'achat.

En résumé, le commerce mondial pourrait être affecté par une taxe carbone sur le secteur du transport selon son niveau d'implémentation. Dans la section suivante nous allons tout d'abord analyser ce que les consommateurs sont prêts à accepter afin qu'ils ne modifient pas leurs comportements d'achat. Sur base des réquisitions indispensables des clients, nous analyserons comment les entreprises de type Amazon pourront réagir afin de réduire les coûts supplémentaires liés à l'introduction de cette taxe carbone pour maintenir leurs activités sur le long terme.

III. STRATEGIES D'ADAPTATION FACE AUX ATTENTES DES CONSOMMATEURS

Les attentes du consommateur envers les produits du E-commerce sont essentielles au développement du marché. En effet, si l'offre proposée ne correspond plus aux critères jugés importants, le volume de vente sera réduit, et le profit également. La taxe carbone vient accroître les coûts de transport et force ainsi une modification des choix logistiques afin d'atteindre une marge bénéficiaire identique. Dans cette nouvelle section, nous allons d'abord introduire les exigences actuelles des consommateurs sur base d'un formulaire en ligne (Annexe 26). Ensuite, nous pourrions envisager différents scénarios d'adaptation pour les entreprises du commerce électronique afin de continuer leurs activités dans les meilleures conditions.

III.I. Les attentes principales des consommateurs

Notre échantillonnage est composé de 133 participants dont 73,7% de sexe féminin. Les tranches d'âge sont relativement bien équilibrées mais avec une participation plus faible des plus de 70 ans. Au total, seul 6 participants, dont la moitié ayant plus de 70 ans, ont déclaré n'avoir jamais acheté en ligne. Ces informations sont liées aux données publiées par Statista (2021a) qui nous informe que la tranche d'âge participant le plus au E-commerce est celle des 25 à 54 ans. Les statistiques ajoutent qu'en 2017, 48% étaient des hommes pour 52% de femmes. Ces informations nous rassurent donc sur le fait que l'échantillonnage récolté de la population est relativement fiable.

La première approche du formulaire consiste à évaluer le taux de consommation en ligne et plus particulièrement, le taux de consommation par catégorie de produits.

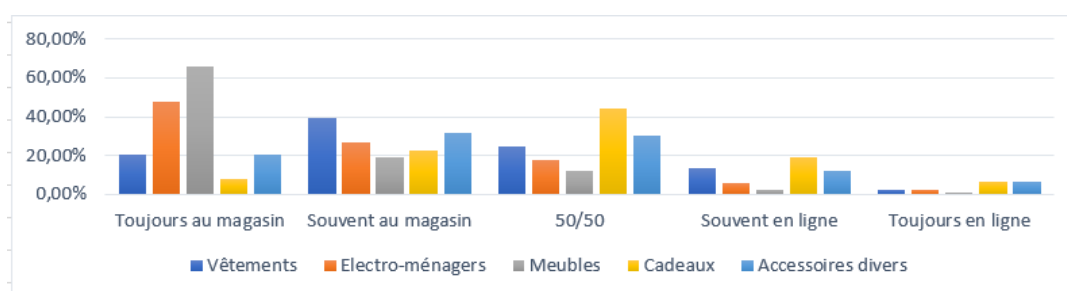


Figure 8 – Proportion des achats par catégorie au magasin versus en ligne (%)

De ces données, nous pouvons conclure qu'en moyenne, dans une entreprise électronique de type Amazon où l'on vend toutes catégories de produits, 31,16% des achats autres que les courses alimentaires ou hebdomadaires, sont effectués en ligne.

Cinq raisons principales justifiant les achats en ligne sont citées par nos répondants : (1) 44,1% sont attirés par la variété de l'offre en un seul lieu ; (2) 65,4% jugent les prix plus avantageux ; (3) 55,1% y trouvent un gain de temps ; (4) 50,4% le font par facilité et (5) 45,7% s'y trouvent obligés dû à une indisponibilité en magasin. À l'opposé, trois raisons principales justifient l'achat en magasin selon nos répondants : (1) 51,2% le font par habitude ; (2) 45,7% jugent un meilleur service après-vente et (3) 58,3% apprécient le fait d'avoir le produit instantanément après l'achat. Les entreprises électroniques voient en ces trois raisons un vrai défi afin d'attirer plus de clients. Pour ce faire, elles optent le plus souvent pour un meilleur service après-vente incluant les retours et les remboursements. Cependant, la faiblesse du nouveau commerce est la réception du produit rapidement après l'achat. Les entreprises essaient donc de subvenir aux besoins en offrant un délai de livraison plus court, mais cela engendre des frais supplémentaires.

Dans cette optique, la suite du formulaire cible plus particulièrement les délais et prix de livraison. En effet, ces critères sont essentiels dans le choix entre un approvisionnement local ou international. Autre constatation des réponses reçues, 49,6% des participants s'accordent sur un prix de livraison en fonction du prix de l'article, 20,5% en fonction du volume de l'article⁸, 27,6% en fonction d'un prix plafond fixé personnellement et 2,3% en fonction de la volonté d'acquisition de l'article.

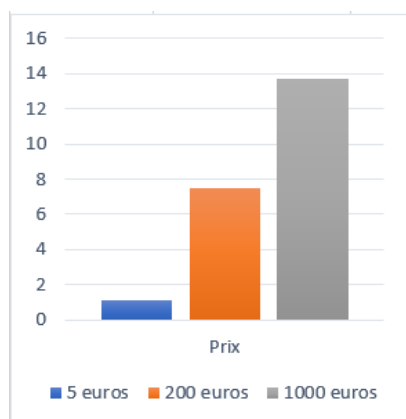


Figure 9 – Prix moyen de livraison acceptable par le consommateur en fonction du prix de l'article (Euros)

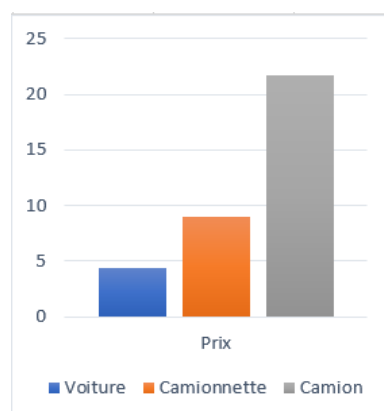


Figure 10 – Prix moyen de livraison acceptable par le consommateur en fonction du volume de l'article (Euros)

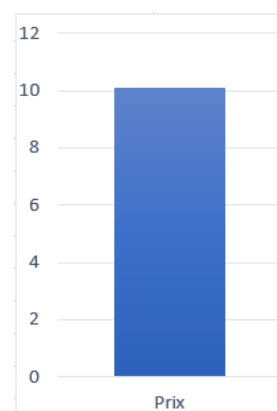


Figure 11 – Prix moyen de livraison acceptable selon un plafond fixé personnellement

⁸ Colis transportable dans une voiture, une camionnette ou uniquement transportable en camion.

En considérant que 50% des articles vendus sont transportables en voiture et au prix de 5 euros, que 30% sont transportables en camionnette au prix de 200 euros et que 20% sont uniquement transportables en camion au prix de 1000 euros, nous pouvons conclure que le prix moyen acceptable est ainsi de 7,43 euros.

Au-delà du prix, le délai de livraison est également un critère fort pour la concurrence. Si une taxe carbone venait à hausser le prix de la livraison, trois réactions différentes des répondants pourraient être rencontrées. 40,9% d'entre eux n'accepteraient aucune hausse de prix, ni aucun délai de livraison plus long, ils achèteraient local (Catégorie 1). Ensuite, 27,6% accepteraient de payer ce supplément carbone en soutien à l'entreprise (Catégorie 2). Enfin, 31,5% n'acceptent pas une hausse de prix mais autoriseraient un délai de livraison plus long (Catégorie 3). Finalement, les participants se sont prononcés sur un délai de livraison maximum acceptable au-dessus duquel ils n'achèteront plus l'article (Figure 12). Le diagramme de droite (Figure 13) illustre ce délai pour la catégorie 3 uniquement. Nous pouvons donc en conclure qu'une livraison entre 1 à 2 semaines est seulement acceptée par 38,3% de manière générale, mais par 61,7% de la catégorie 3.

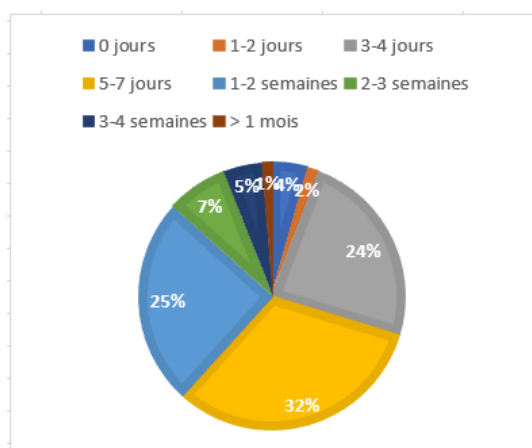


Figure 12 – Délai de livraison maximum acceptable pour l'ensemble des catégories

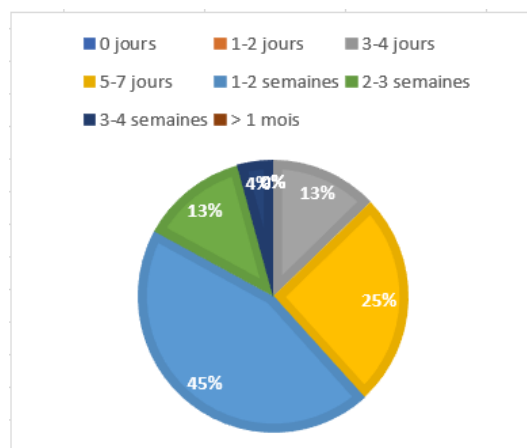


Figure 13 – Délai de livraison maximum acceptable pour la catégorie 3

Finalement, la dernière question du formulaire en ligne se concentrait sur la livraison en point relais. En effet, 84,3% des participants ont déjà eu recours à ce type de livraison pour trois raisons principales : (1) Le réceptionneur est absent lors de livraison, (2) L'article n'était pas disponible en livraison à domicile ou (3) Le prix au point relais est plus faible que la livraison à domicile. En définitive, les réponses reçues nous indiquent que lorsque le point relais est localisé à 10 minutes du domicile, le consommateur y serait davantage intéressé à condition que le prix soit en moyenne 35,1% moins élevé que pour la livraison à domicile.

III.II. Réévaluation des choix logistiques avec taxe carbone

Maintenant que nous avons établi les critères essentiels de par notre échantillonnage, nous pouvons envisager les différentes alternatives pour les entreprises de type Amazon. En effet, nous n'analyserons pas les possibilités des entreprises évoluant sur un commerce intercontinental puisque les conséquences de la taxe carbone sont infimes.

Dans un premier temps, rappelons qu'il y avait trois catégories de personnes représentant trois réactions différentes des consommateurs vis-à-vis de cette taxe. Ces trois réactions vont constituer nos trois scénarios d'analyse en implémentant les changements nécessaires au modèle d'optimisation de base (Annexe 19). Pour donner suite aux indicateurs des trois catégories, nous évaluerons l'état financier à l'horizon 2030 pour chacun des scénarios en fonction des différentes voies de tarification du carbone (Tableau 5).

[Hypothèse 12 – Sans introduction d'une taxe environnementale, la demande augmenterait suivant une évolution logarithmique entre 2021 et 2030.]

2021	2022	2023	2024	2025
7.445.985,61	8.710.398,27	9.834.320,62	10.817.752,68	11.660.694,45
2026	2027	2028	2029	2030
12.363.145,92	12.925.107,10	13.346.577,99	13.627.558,58	13.768.048,87

Tableau 12 – Nombre de commandes par jour en fonction de l'année (x_i)

Dès à présent, nous avons toutes les informations nécessaires afin d'envisager les trois scénarios plausibles. Il est maintenant question de savoir quelle est la stratégie la plus rentable sur le long terme et sur quel principe se base cette stratégie.

III.II.I. Analyse de trois scénarios plausibles

❖ Scénario n°1 – "40,9% n'acceptent aucune hausse de prix, ni un délai de livraison plus long"

Satisfaire la catégorie 1, qui n'exige aucune diminution dans l'offre de livraison, revient à satisfaire l'ensemble des catégories, et donc à couvrir une demande prédite à 100%. Dans cette optique, comme le mentionne Laurent et Le Cacheux (2010), si les critères de livraison ne sont pas affectés par la contrainte carbone, le volume de vente restera stable et la taxe atteindra le but ultime : la diminution mondiale des émissions de CO₂. Afin de vérifier ses dires, nous allons implémenter le modèle d'optimisation (Annexe 19) en modifiant les données de la demande (x_i) par la demande prédite du tableau 12. Nous exécutons ce modèle pour les différentes voies

de tarification du carbone afin d'obtenir pour chacune d'elles, les résultats escomptés pour 2030 (Annexe 27). La solution finale nous informe sur la proportion des modes de transport optimisant le profit de l'entreprise.

Taxe carbone 2030	Voie n°0 - 0€/tonneCO2	Voie n°1 - 100€/tonneCO2	Voie n°5 - 700€/tonneCO2	Voie n°10 - 2000€/tonneCO2
Camion	12,17%	12,13%	11,91%	11,44%
Train	1,09%	1,13%	1,13%	1,31%
Avion	43,02%	43,02%	43,02%	42,99%
Bateau	7,54%	7,54%	7,61%	7,76%
Bateau + Camion	31,15%	31,15%	30,97%	30,42%
Bateau + Train	5,03%	5,03%	5,36%	6,08%

Tableau 13 – Proportion des modes de transport du scénario n°1 en 2030

Le seul élément pouvant influencer la proportion des modes de transport dans ce scénario est le coût additionnel que la taxe carbone déclencherait sur le prix final d'un voyage, par mode de transport. De ce fait, peu de changements sont observés dans le tableau 13 par rapport à la voie n°0, sans taxe carbone. On observe malgré tout une légère tendance de substitution de la voie terrestre vers la voie maritime ou ferroviaire. Les exigences des consommateurs de ce scénario forcent l'entreprise à absorber le coût supplémentaire influençant ainsi son profit final. L'augmentation de la demande, telle que prédite, fait que le profit continue à progresser malgré cette taxe carbone. Cependant, dans le cas extrême de la voie de tarification n°10, l'optimalité du profit serait atteinte en 2029. En effet, le profit journalier passerait de 939.650.369,14 euros en 2029 à 936.762.013,16 euros en 2030.

Concernant l'objectif de la taxe carbone qui est la réduction des émissions de CO₂, ce dernier n'est pas atteint. Au contraire, les émissions augmentent à la suite de l'évolution de la demande, elles sont doublées pour toute voie de tarification du carbone.

❖ Scénario n°2 – "27,6% acceptent une hausse de prix en soutien à l'entreprise"

Dans cette nouvelle situation, l'entreprise décide de transférer l'entière de la taxe carbone au consommateur final. Dans ce cas, la demande prédite n'est plus de 100% mais bien de 27,6% (x_i). En effet, les consommateurs qui évaluent une hausse de prix comme non justifiable, ne seront pas d'accord de payer ce supplément (Campbell, Heinrich & Schoenmüller, 2015). Cependant, un supplément de prix peut être dissimulé sous le prix de vente et non aperçu par l'acheteur. Ce pourcentage est donc en réalité plus élevé.

[Hypothèse Scénario n°2 – La demande prédite sera réduite d'un pourcentage fixe annuel de 7,24%, de manière à atteindre 27,6% de la demande prédite en 2030 (x_i).]

Etant donné qu'aucun changement logistique n'est effectué, la proportion des modes de transport reste identique au scénario n°1 (Tableau 13). Concernant l'aspect financier, même si la taxe n'est pas payée par l'entreprise, le profit est néanmoins réduit annuellement en conséquence de la baisse de la demande. Pour toute voie de tarification, le modèle d'optimisation indique une perte de profit de plus de 230 millions en 2030. De ce fait, le scénario n°2 semble inimaginable pour une entreprise de type Amazon. Cependant, le seul côté positif de ce scénario est le succès de la taxe environnementale. Suivant cette stratégie, les émissions de CO2 seraient diminuées de 42,3% en 2030 par rapport à 2020 (Annexe 28).

❖ Scénario n°3 – "31,5% acceptent un délai de livraison plus élevé pour un prix équivalent"

La première chose à comparer dans ce scénario est la différence entre les attentes des consommateurs et le délai fixé dans notre cas ($D_{i,j}$). En effet, la concurrence forte sur les délais de livraison a fait de la rapidité, un avantage compétitif majeur. Dès lors, des délais plus élevés pourraient être adoptés sans enfreindre les exigences des consommateurs et donc garder une demande prédite à 100% (x_i) pour autant que la concurrence fasse de même. À partir des réponses de nos participants, nous obtenons que 62% accepteraient un délai d'une semaine, 25% un délai de deux semaines, 7% un délai de deux à trois semaines et 6% un délai de plus de trois semaines (Figure 12). De base, 80% des commandes étaient livrées à la semaine provenant du même continent et 20% dans un délai de deux semaines au maximum (Hypothèse 8). Nous pouvons dès lors réajuster ces délais ($D_{i,j}$) en considérant une demande prédite à 100% (x_i). En supposant que l'ensemble des entreprises électroniques réduisent leurs délais de livraison aux exigences des consommateurs, le modèle d'optimisation révèle la proportion des modes de transport illustrée dans le tableau 14.

Taxe carbone 2030	Voie n°0 - 0€/tonneCO2	Voie n°1 - 100€/tonneCO2	Voie n°5 - 700€/tonneCO2	Voie n°10 - 2000€/tonneCO2
Camion	12,17%	9,51%	9,29%	8,85%
Train	1,09%	0,40%	0,40%	0,51%
Avion	43,02%	10,05%	10,05%	10,02%
Bateau	7,54%	16,10%	16,17%	16,32%
Bateau + Camion	31,15%	56,50%	56,28%	54,83%
Bateau + Train	5,03%	7,43%	7,80%	9,47%

Tableau 14 – Proportion des modes de transport du scénario n°3a en 2030

Le transport aérien n'est désormais plus prioritaire en comparaison aux scénarios précédents. En effet, un délai plus large permet de substituer une partie des longues distances par la voie maritime. De ce fait, l'environnement se trouve impacté positivement avec une diminution de

54% des émissions de CO₂ en 2030 par rapport à 2020. Concernant l'aspect financier, en plus d'avoir l'avantage de satisfaire 100% de la demande, le modèle d'optimisation indique un profit optimal en 2030 de 1.145.140.246,44 euros par jour pour la voie de tarification n°1 et de 1.118.146.409,14 euros par jour pour la voie n°10 (Annexe 29).

Cependant, nous pouvons analyser une deuxième option dans ce scénario 3. Nous distinguerons ainsi le « Scénario n°3a », expliqué précédemment, du « Scénario n°3b » que nous allons aborder dès à présent. En effet, une deuxième option serait de satisfaire les délais de livraison de la catégorie 3 composée de 31,5% des répondants : 38% une semaine ; 45% une à deux semaines ; 13% deux à trois semaines ainsi que 4% plus de trois semaines (Figure 13). Evidemment, en appliquant ces nouveaux délais au modèle d'optimisation ($D_{i,j}$), nous contentons également une partie des autres répondants. Suivant les délais requis des autres catégories, nous satisfaisons une demande à 79,43%⁹ de celle prédite dans le tableau 12 (x_i). Avec ces nouveaux paramètres, le modèle d'optimisation nous informe de la nouvelle proportion des modes de transport.

Taxe carbone 2030	Voie n°0 - 0€/tonneCO ₂	Voie n°1 - 100€/tonneCO ₂	Voie n°5 - 700€/tonneCO ₂	Voie n°10 - 2000€/tonneCO ₂
Camion	12,17%	9,18%	8,45%	7,58%
Train	1,09%	0,36%	0,36%	0,47%
Avion	43,02%	6,56%	6,56%	6,56%
Bateau	7,54%	16,72%	16,79%	16,94%
Bateau + Camion	31,15%	59,42%	59,89%	60,07%
Bateau + Train	5,03%	7,76%	7,94%	8,38%

Tableau 15 – Proportion des modes de transport du scénario n°3b en 2030

En comparaison avec le scénario n°3a, la substitution de la voie terrestre et aérienne en voie maritime est d'autant plus marquée. A nouveau, ces changements impactent positivement les émissions de CO₂ relatives aux transports ; ce qui résulte en une diminution de 67% d'émissions en 2030 en moyenne par rapport à 2020. Finalement, du côté financier, l'optimisation nous donne un profit optimal en 2030 de 916.319.761,75 euros par jour pour la voie de tarification du carbone n°1 et de 900.230.969,04 euros par jour pour la voie n°10 (Annexe 31). En conclusion, satisfaire la catégorie 3 spécifiquement n'est pas la meilleure option de ce scénario vu la perte de clientèle et donc de revenus.

⁹ Démonstration en annexe 30.

III.II.II. La stratégie choisie sur base des analyses de scénarios

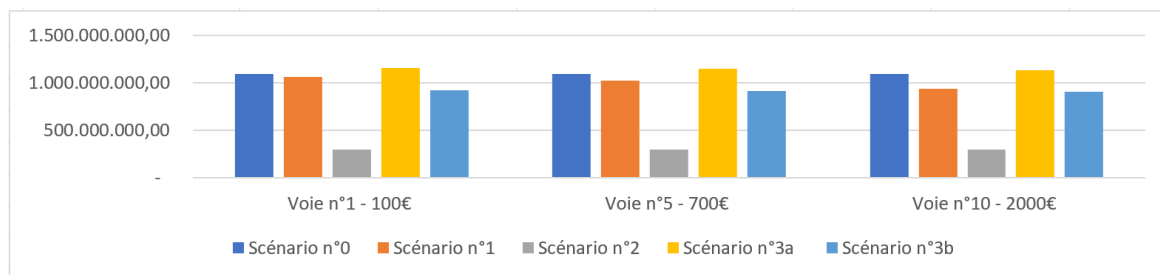


Figure 14 – Profit journalier en 2030 par scénario et par voie de tarification (Euros)

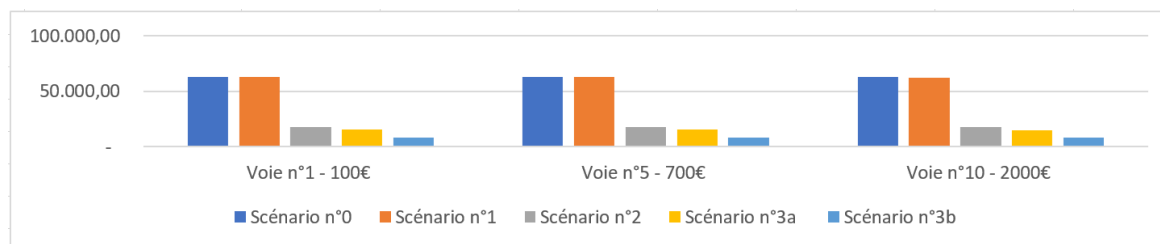


Figure 15 – Tonnes de CO2 émises par jour en 2030 par scénario et par voie de tarification

De ces résumés graphiques, nous observons que le scénario n°3a est plus que bénéfique. Cette stratégie permet d'obtenir un profit plus élevé tout en réduisant les externalités négatives de manière conséquente. Néanmoins, si un concurrent décide de ne pas opter pour la même stratégie et d'absorber la taxe, notre entreprise modèle risque de perdre une partie de sa clientèle. Un équilibre apparaît donc entre le scénario n°1 et le scénario n°3a où le profit diffère peu, tandis que la différence des émissions totales est particulièrement élevée.

Finalement, le formulaire en ligne incluait un questionnement sur l'esprit du consommateur face aux réponses données. Seul 35% des participants ont uniquement pensé à leur confort personnel. Le pourcentage restant incluait également un raisonnement écologique. Plus spécifiquement, 20% des répondants déclarent n'avoir pensé qu'à l'environnement durant l'entièreté du questionnaire. En effet, l'époque actuelle est fortement dirigée vers cet esprit et nous imaginons qu'en 2030, elle le sera encore davantage. Ainsi, les entreprises électroniques, face à l'introduction de cette taxe carbone, ne doivent pas négliger les mentalités et priorités changeantes en matière environnementale si elles souhaitent continuer à attirer et fidéliser de potentiels et actuels acheteurs. Gouel et Salman (2008) affirment qu'une taxe créerait un nouvel avantage comparatif de spécialisation dans les secteurs avec de faibles émissions de CO2. Avec cette idée, nous pouvons conclure qu'en 2030, un équilibre sera trouvé dans le scénario n°3a afin de conserver l'ensemble des consommateurs tout en gardant un profit optimal et un taux d'émission journalier raisonnable.

III.III. Analyse de voies d'améliorations du système logistique avec taxe carbone

Maintenant que nous avons découvert une stratégie bénéfique dans le scénario n°3a pour des entreprises électroniques de type Amazon, nous voulons améliorer cette stratégie en analysant plusieurs voies d'améliorations spécifiques à la taxe carbone. Pour ce faire, rappelons que la taxe carbone est calculée sur base de la formule suivante : $E_m \times KM \times Poids$ où E_m est le taux d'émission par mode de transport m . L'analyse supplémentaire se traduit donc en une réduction d'un ou de plusieurs de ces paramètres.

Dans un premier temps, McKinnon (2007) ainsi qu'Herber et Raga (2010) affirment que réduire le taux d'émission par mode de transport peut être effectué en investissant dans des transports moins émetteurs de CO₂ (Analyse n°1). Dans un second temps, McKinnon (2007) ajoute qu'il est intéressant de diminuer le nombre de kilomètres parcourus. Une première proposition personnelle serait d'investir dans un ou plusieurs entrepôt(s) supplémentaire(s) afin de se rapprocher du client final (Analyse n°2). Une deuxième proposition serait de réduire l'offre internationale, en ayant des produits plus proches des destinations finales (Analyse n°3). Enfin, une troisième et dernière proposition, afin de réduire les kilomètres parcourus, serait d'envisager une livraison exclusivement en point relais (Analyse n°4). Finalement, le troisième paramètre inclus dans le calcul de la taxe semble difficilement améliorable. Par ailleurs, exclure les articles lourds de la vente en ligne serait similaire à notre 2^{ème} analyse réduisant l'offre. Ainsi, cas par cas, nous allons analyser s'il est possible de rendre le scénario n°3a meilleur qu'il ne l'est à présent.

III.III.I. *Analyse de voie d'amélioration n°1 – Investir dans un transport moins énergivore*

L'objectif de cette première analyse est de réduire le taux d'émission par mode de transport (E_m). Nous recherchons des solutions propres aux entreprises et donc pas d'investissement publique. De ce fait, l'entreprise ne peut que modifier ce qui lui appartient pleinement. Un acteur du E-commerce ayant sa propre flotte terrestre pour l'ensemble des livraisons est un scénario relativement fréquent. Cependant, une flotte personnelle de voie aérienne, ferroviaire ou maritime est extrêmement rare de nos jours.

[Hypothèse Analyse n°1 – Seuls les camions et camionnettes sont des actifs propres à l'entreprise. Les autres modes, en possession de partenaires externes, ne permettent pas de profiter d'un investissement direct.]

Aldy, Ley et Parry (2008) nous informent que deux options sont possibles afin de réduire le taux d'émission. Dans un premier temps, il est possible de changer de combustibles en se dirigeant vers des moyens faibles en carbone tels que le gaz naturel, l'hydraulique, etc. Dans un second temps, il est également possible d'adopter des technologies d'économies d'énergie afin de réduire les besoins en carburant par unité d'activité économique. Une combinaison de ces deux options serait une utilisation de véhicules électriques ou hybrides (Mangiaracina & Al., 2015). En effet, il a été étudié qu'un véhicule électrique génère 63% de CO₂ de moins qu'un véhicule thermique sur l'ensemble de l'Union Européenne (Lalanne-Sicaud, 2021). De plus, le véhicule électrique est en moyenne 50,23% moins cher en termes de combustible (Energuides, 2021). Néanmoins, une solution supplémentaire personnelle afin d'investir dans des transports moins énergivores serait d'investir dans des véhicules à plus grande capacité. En effet, vu le volume des livraisons finales, augmenter la taille des camionnettes semble être une analyse intéressante. Au contraire, pour les transports intermédiaires approvisionnant les entrepôts, on ne peut opter pour une capacité supérieure sans détériorer la facilité du transport multimodal de la voie maritime et de la voie ferroviaire. Chaque analyse est ainsi effectuée en modifiant les paramètres du modèle d'optimisation du scénario n°3a (Annexe 19).

- ❖ Analyse n°1a – Camionnettes Diesel 10m³ : Prix d'achat d'un véhicule = 37.560 euros (L'Argus, 2019). Les changements sont $CA = 310$ colis ; $PC = 0,55€/km$ (Annexe 32).
- ❖ Analyse n°1b – Camionnettes Electrique 10m³ : Prix d'achat d'un véhicule = 67.080 euros (Defay, 2021). Les changements sont $CA = 310$ colis ; $PC = 0,2738€/km$; $EC = 74mgCO_2/tonne.km$ (Annexe 33).
- ❖ Analyse n°1c – Camionnettes Electrique 3m³ : [Hypothèse – Prix d'achat d'un véhicule = $50\% \times 67.080 \text{ euros} = 33.540 \text{ euros}$.] Les changements sont $PC = 0,2389€/km$; $EC = 74mgCO_2/tonne.km$ (Annexe 34).
- ❖ Analyse n°1d – Camions Electrique 20T : Prix d'achat d'un véhicule = 315.104,89 euros (Andre, 2020). Les changements sont $PM_{i,j,camion} = \text{recalculé avec un prix de } 0,9158€/km$; $E_{camion} = 59,2mgCO_2/tonne.km$ (Annexe 35).
- ❖ Analyse n°1e – Camions Electrique 20T + Camionnettes Electrique 3m³ : Analyse n°1c+d.
- ❖ Analyse n°1f – Camions Electrique 20T + Camionnettes Electrique 10m³ : Analyse n°1b+d.

Le tableau 16 montre l'investissement nécessaire pour chaque analyse ainsi que la durée de remboursement de cet investissement. Il nous montre également le profit journalier en 2030 ainsi que les émissions de CO2 émises par jour. Les résultats se basent sur la voie de tarification n°5 relative à un pallier annuel de 70€/tonneCO2. Ainsi, plus la taxe est élevée, plus vite l'investissement est rentabilisé et plus les émissions totales sont réduites.

Analyse n°0 - Scénario n°3a			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
-	-	1.132.347.202,17	16.400,21
Analyse n°1a - Investissement Camionnettes Diesel 10m3			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
3.643.695.600,00	0,81	1.144.730.780,36	16.400,65
Analyse n°1b - Investissement Camionnettes Electriques 10m3			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
6.507.430.800,00	1,12	1.148.314.086,74	15.939,55
Analyse n°1c - Investissement Camionnettes Electriques 3m3			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
10.841.603.760,00	3,03	1.142.151.350,61	15.939,39
Analyse n°1d - Investissement Camions Electriques 20T			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
13.211.717.827,92	9,61	1.136.114.483,20	15.440,75
Analyse n°1e - Investissement Camionnettes Electriques 3m3 + Camions Electriques 20T			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
24.053.321.587,92	3,00	1.154.314.918,49	14.979,93
Analyse n°1f - Investissement Camionnettes Electriques 10m3 + Camions Electriques 20T			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
19.719.148.627,92	1,92	1.160.477.654,61	14.980,09

Tableau 16 – Résumé des différentes analyses pour la voie de tarification du carbone n°5

Cette première voie d'amélioration est la seule agissant uniquement sur la réduction des émissions émises et non sur la réduction des kilomètres à parcourir. Du tableau 16, nous pouvons constater que tout investissement dans des véhicules électriques permet de réduire le CO2 émit quotidiennement. De plus, nous pouvons en déduire qu'environnementalement parlant, le meilleur investissement serait l'achat de véhicules électriques de même capacité pour un total d'approximativement 24 milliards d'euros.

III.III.II. Analyse de voie d'amélioration n°2 – Investir dans un/des entrepôt(s)

Afin de vérifier si un investissement immobilier permet d'améliorer le scénario n°3a sur le long terme, nous allons analyser l'implémentation de deux entrepôts supplémentaires. La première localisation est choisie afin de réduire les kilomètres de la livraison finale. La place du plus mauvais rapport prix de la livraison à domicile sur la demande totale de la région est détenue par la Russie. En effet, cette région n'est desservie que par trois centres de livraison pour une

superficie du pays atteignant les 17 millions de km² (Annexe 20) . Pour cette raison, nous choisissons d'implémenter un centre de distribution à Tiksi. Ensuite, la deuxième localisation est choisie de manière à réduire le trajet intermédiaire le plus coûteux qui est le voyage entre Kolkata et Hong Kong. En effet, Kolkata est l'entrepôt le plus proche d'Hong Kong et l'approvisionne donc à 60% de sa demande. De plus, étant donné l'entrepôt le plus proche, le délai à respecter étant d'une semaine, l'utilisation de la voie aérienne est inévitable afin de respecter le temps imparti. Chaque jour, cet approvisionnement représente 10 millions d'euros en 2030. L'analyse d'un entrepôt localisé à Hong Kong est de ce fait vivement conseillée.

Finalement, investir dans l'immobilier a également un coût. Il faudra en moyenne 130 millions d'euros pour la création d'un nouvel entrepôt (Stratégie logistique, 2018), auquel est également lié un coût fixe annuel. Amazon (2020) publie des frais d'exécution équivalant à 27,10% des revenus totaux. Ces frais rassemblent les frais fixes et les frais de livraison. Or, dans notre cas, ces derniers équivalent à 13,64%, les frais fixes annuels pour Amazon représentent donc 13,46% des revenus. Pour un réseau total de 808 sites existants en 2020, nous obtenons des frais fixes journaliers s'élevant à 89.966,48 euros par entrepôt. Le modèle d'optimisation est ainsi modifié dans le nombre de centres de distribution (i) ou dans le nombre d'entrepôts (j) induisant de nouvelles données dans les paramètres x_i , KM_i , $KMI_{i,j,m}$, $PM_{i,j,m}$, $PR_{i,j}$, $D_{i,j}$ et $DL_{i,j,m}$. Les résultats détaillés de l'analyse n°2a et n°2b sont indiqués dans l'annexe 36 et 37.

Analyse n°0 - Scénario n°3a			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
-	-	1.132.347.202,17	16.400,21
Analyse n°2a - Investissement Entrepôt à Hong Kong			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
130.000.000	0,03	1.144.560.487,59	16.227,24
Analyse n°2b - Investissement Centre de livraison à Tiksi (Russie)			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
130.000.000	9,00	1.132.386.780,35	16.473,31

Tableau 17 – Résumé des différentes analyses pour la voie de tarification du carbone n°5

Dans le cas où nous devrions uniquement considérer la rentabilité en termes de réduction de taxe carbone, la durée de remboursement de l'investissement serait totalement différente. En effet, dans l'analyse n°2a, une réduction de 172,97 tonnes de CO2 est enregistrée par jour. Pour la voie de tarification n°5 en 2030, la diminution de la taxe correspond à 121.079 euros par jour par rapport au scénario n°3a. En termes de taxe carbone, l'investissement de 130 millions permet donc de réduire les coûts de 121.079 euros par jour. Le projet est donc rentabilisé en approximativement 3 ans à la place d'une semaine et demie environ. L'analyse n°2b montre

quant à elle, une augmentation de la taxe carbone, l'investissement ne sera donc jamais rentable si on considère uniquement les frais liés à la taxe. Cependant, il est toutefois rentabilisé, parce que le système logistique de base n'est pas optimisé en termes de localisation.

III.III.III. *Analyse de voie d'amélioration n°3 – Réduction de la gamme de produit*

Actuellement, le cas d'analyse est établi de sorte que 60% de la demande proviennent de l'entrepôt le plus proche du client, 20% proviennent du même continent et les 20% restants, d'autres horizons. Cette voie qui est de réduire la gamme internationale a pour objectif de revoir ces paramètres, et donc $PR_{i,j}$ dans notre modélisation. Cette modification des données implique une offre d'un même volume, néanmoins localisée plus proche des acheteurs.

En réalité, cette voie d'amélioration est un réel débat puisque la diversité est un critère très fortement apprécié par les consommateurs. En effet, Waters (2010) mentionne qu'il y a une demande croissante d'élargissement de l'offre à travers le monde. David et Saïdi-Kabeche (2002) ajoutent que la diversité est un critère de différenciation et d'attractivité pour le client. Ainsi, ils affirment que réduire la gamme de produits provoque un risque de perte de clientèle. De ce fait, en nous basant sur les informations récoltées lors des formulaires en ligne, 44,1% des répondants déclarent acheter en ligne pour cette variété de l'offre. Il est donc évident que réduire la gamme internationale comme le prévoit l'analyse n°3, impactera la demande prédite (Tableau 12). Sur base de nos données, 44,1% de la clientèle de l'entreprise pourraient réduire ses achats au fil du temps, jusqu'à trouver une substitution respectant pleinement ses besoins de variété.

[Hypothèse Analyse n°3 - Une diminution annuelle fixe de la demande, 4,41% est observée jusqu'à atteindre une demande prédite à 56,9% en 2030.]

[Hypothèse Analyse n°3 = Changement Hypothèse 8 – 60% de la demande provient de l'entrepôt le plus proche, 20% provient des entrepôts du même continent, limité à un entrepôt par pays et 20% provient des autres continents, limité à un entrepôt par pays également. Cependant, une exception est faite pour les Etats-Unis où le nombre est limité à quatre entrepôts au lieu d'un seul.]

En appliquant les nouveaux paramètres x_i et $PR_{i,j}$ dans le modèle d'optimisation, le résumé des résultats de cette analyse est indiqué dans le tableau 17. (Annexe 38)

Analyse n°0 - Scénario n°3a	
Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
1.132.347.202,17	16.400,21
Analyse n°3 - Réduction de gamme internationale	
Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
628.592.116,47	10.085,96

Tableau 18 – Résumé de l'analyse n°3 pour la voie de tarification du carbone n°5

Le profit journalier en 2030 est moindre que celui du scénario n°3a étant donné la perte de clientèle, et donc de revenus. De plus, aucune économie d'échelle, permettant de réduire le prix en augmentant la quantité n'est mise en place. Dès lors, envoyer des quantités plus importantes à partir d'un nombre réduit de localisations, ne permet pas de faire des économies. Finalement, l'objectif de la taxe environnementale est atteint mais seulement grâce à la réduction des kilomètres sont réduits suite à une demande décroissante.

III.III.IV. Analyse de voie d'amélioration n°4 – Offre exclusive en livraison point relais

La dernière voie d'amélioration que nous souhaitons analyser est celle des derniers kilomètres. En effet, dans le cas intercontinental, ces frais s'élevaient à 90% du coût de transport. Dans le cas de type Amazon, ce montant est plus faible et n'atteint que 30% puisque l'approvisionnement intermédiaire requiert l'utilisation de transports plus coûteux, tels que l'avion. Néanmoins, les frais restent conséquents et nous voulons analyser une offre unique en point relais afin de savoir si cette option permettrait de rendre le scénario n°3a meilleur.

Dans cette optique, les répondants nous informent qu'une livraison en point relais devient intéressante lorsque le prix est en moyenne 35,1% moins élevé que celui de la livraison à domicile. Cela signifie que l'offre exclusive en point relais ne peut être une réelle option que si les coûts de transport sont réduits de ce pourcentage. Mais le risque de perte de clientèle reste bien présent. En effet, 50% des répondants déclarent acheter en ligne par facilité et par gain de temps. Ces deux critères ne vont pas de pairs avec une offre exclusive en point relais. Néanmoins, l'analyse reste intéressante parce que si la réduction de coût est suffisamment importante, elle pourrait ainsi compenser cette perte de clientèle.

Préalablement à l'analyse, livrer en point relais ne réduira pas les kilomètres parcourus par la camionnette lors de la livraison finale (KM_i). Cependant, les points de livraisons sont moindres

et les kilomètres entre chaque arrêt plus élevés. L'avantage logistique du point relais est la possibilité d'utiliser des transports à plus grande capacité tels que des camionnettes de $10m^3$ ou des poids lourds de 20T pour une demande massive. Cela signifie que cette dernière voie s'accompagne d'un investissement en véhicule de deux types. Le véhicule de $10m^3$ est au prix de 37.560 euros l'unité (L'argus, 2019). Quant au poids lourd de 20T, le prix est de 35.000 euros l'unité (Europe-Camions, 2021). Les changements seront donc PC_l et CA_l où $PC_{10m^3} = 0,58€/km$; $CA_{10m^3} = 910$ colis ; $PC_{20T} = 1,84€/km$ et $CA_{20T} = 2.542$ colis (Annexe 39).

Analyse n°0 - Scénario n°3a			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
-	-	1.132.347.202,17	16.400,21
Analyse n°4 - Offre exclusive en point relais			
Investissement	Rentabilisé (Années)	Profit par jour (2030)	Tonnes de CO2 par jour (2030)
265.308.880	0,04	1.149.912.143,59	15.929,76
Réduction de coût			
21,39%			

Tableau 19 – Résumé de l'analyse n°4 pour la voie de tarification du carbone n°5

Bien qu'avantageuse pour l'entreprise financièrement et environnementalement, il faut que la réduction de coût soit au minimum de 35,1% afin d'être acceptée par le client. Ce pourcentage est atteint en 2028 dans l'unique cas de la voie de tarification n°10. Néanmoins, l'entreprise peut également décider d'absorber une partie des coûts afin que les clients perçoivent ce pourcentage. Cela mettrait néanmoins la situation financière de l'entreprise électronique en péril.

III.III.V. Conclusion des 4 analyses

Des quatre analyses effectuées, il est évident que l'entreprise de type Amazon n'optera pas pour un choix logistique résultant en une détérioration du profit du scénario n°3a. De ce fait, réduire la gamme internationale de produits ne sera jamais réalisé par notre entreprise, malgré son impact positif pour l'environnement. Ensuite, les analyses restantes se basent toutes sur un investissement mobilier ou immobilier. Dans notre cas, l'investissement qui permet de réduire le plus les émissions de CO2 est le résultat lié à l'analyse n°1e qui est un investissement dans les véhicules électriques tant pour la livraison finale que la livraison intermédiaire. Cependant, pour une réduction de CO2 similaire et un profit plus élevé, nous pouvons imaginer que l'analyse n°1f, représentée par un investissement en véhicules électriques et une augmentation de la capacité de la livraison finale, serait choisie. Cependant, ce résultat s'avère meilleur que

l'analyse n°1e puisque les choix logistiques de base n'étaient pas optimaux en termes de capacité des véhicules.

Finalement, nous en concluons que la meilleure solution serait le scénario n°3a. Il serait accompagné d'un investissement en un réseau routier électrique équivalant à 25,5 millions d'euros environ, rentabilisé sous les 3 ans. Néanmoins, dépendamment du budget d'investissement de l'entreprise électronique, celle-ci a également la possibilité d'investir dans un entrepôt localisé à Hong Kong. Cet entrepôt sera rentabilisé en peu de temps et permettra de diminuer davantage les émissions de CO₂. Finalement, investir dans un centre de distribution à Tiksi ne permet pas d'améliorer la situation environnementale, et opter pour une offre exclusive en point relais est un risque de perte potentielle de clients. Nous pouvons dès lors imaginer que l'entreprise de type Amazon préférera ne pas investir à ce niveau-là, d'autant plus que l'analyse ne déclare pas un profit nettement supérieur.

----- PARTIE III – CONCLUSION -----

Ce mémoire avait pour ambition d'analyser l'influence d'une taxe carbone spécifique au transport sur les choix logistiques du commerce électronique. La taxe est calculée en fonction du poids des marchandises transportées, des kilomètres parcourus ainsi que du mode de transport sélectionné. Ces trois paramètres sont dès lors, susceptibles d'être modifiés afin d'optimiser la chaîne logistique.

Dans le but d'obtenir une réponse à notre problématique, nous avons élaboré deux cas d'analyses. Le premier cas intercontinental, sur base de l'entreprise Zalando, ne reflète aucun problème majeur à l'introduction d'une taxe carbone. En effet, dans le cas extrême d'une taxe carbone équivalente à 2000€/tonneCO₂ en 2030, la taxe s'élèverait à 0,32€ par commande. Ce montant peut de ce fait, être transféré au consommateur final sans aucun soupçon. En revanche, le deuxième cas mondial d'analyse, sur base de l'entreprise Amazon, requiert une taxe carbone de 9,29€ par commande pour la même période et le même tarif de taxation. En conclusion, là où une entreprise électronique exerçant sur un territoire intercontinental ne modifiera pas ses choix logistiques à l'introduction d'une taxe carbone spécifique au transport, les entreprises électroniques évoluant sur un territoire mondial devront envisager certains changements.

Sur base d'un formulaire en ligne ayant obtenu 133 participants, notre échantillonnage exprime trois réactions différentes face à une taxe carbone relative à leurs commandes en ligne. 62,3% des répondants affirment n'accepter aucun changement dans l'offre de livraison et/ou acceptent de payer cette taxe relative à leur consommation. Cibler cette partie de la clientèle reviendrait à ne modifier aucun élément dans la logistique actuelle en absorbant ou transférant la taxe carbone. Néanmoins, l'impact sur la situation financière de l'entreprise serait causé, soit par des coûts supplémentaires inhérents aux émissions émises, soit par la perte de clientèle si le surcoût incombe au consommateur. La meilleure option pour le commerce électronique, tant financièrement qu'environnementalement, serait donc de cibler l'autre partie de la clientèle, soit 37,7% ; ces consommateurs acceptant un délai de livraison plus important mais sans surprix de livraison. En effet, des délais plus élevés permettent à l'entreprise électronique d'opter pour des moyens de transport moins coûteux et moins énergivores. Suivant cette stratégie, dans notre cas de type Amazon, le mode de transport le plus utilisé sans taxe carbone, qui est la voie aérienne à 42%, passe à 10% en cas de substitution vers la voie maritime. Cela entraîne une réduction des émissions de CO₂ de 75% en 2030 par rapport à une situation sans taxe carbone. Finalement, cette option permet également d'obtenir une hausse de 4,08% du profit.

La taxe carbone va donc diriger les entreprises vers des modes de transport moins énergivores mais également vers des investissements rentables sur le long terme. Dépendamment du budget initial de l'entreprise, une solution rentable serait ainsi d'investir dans une flotte personnelle de transports moins émetteurs, telle que les véhicules routiers électriques. Un investissement de plus de 25 millions d'euros permettrait de réduire les émissions de 8,66% supplémentaires, tout en étant rentabilisé sous les 10 ans. De plus, investir dans des entrepôts localisés de manière optimale, de façon à réduire les coûts des voyages les plus longs, serait plus que bénéfique. Cependant, modifier l'offre de livraison actuelle semble plus risqué puisque ce changement serait perçu comme négatif par le consommateur et engendrerait une perte de clientèle que l'entreprise n'est pas prête à risquer.

Les limites de ce travail étant que les résultats obtenus se basent sur des hypothèses émises, des données pouvant être biaisées ainsi que des réquisitions d'un petit échantillonnage. En réalité, les coûts ainsi que le profit et les optimalités obtenues par notre modélisation diffèrent et sont relatifs à chaque entreprise. Chaque acteur aura alors des résultats différents, qu'il faudra analyser afin d'évaluer et déterminer les meilleurs choix logistiques face à l'introduction de cette taxe carbone. Cependant, investir dans l'immobilier et le mobilier ainsi que modifier la proportion des modes de transport restent des réponses générales à notre problématique.

Pour conclure, paradoxalement à notre analyse, cette reconfiguration des choix logistiques est optimale même sans l'introduction d'une taxe carbone sur le secteur du transport. En effet, s'orienter vers des transports moins énergétiques et investir pour le bien de l'environnement, sont déjà deux options rentables actuellement. Le problème étant que nous nous trouvons dans un réel dilemme du prisonnier, où chaque entreprise doit décider d'agir ou non. Par conséquent, l'équilibre se situe actuellement dans l'inaction. La situation financière et environnementale seraient bien plus confortables si les entreprises électroniques décidaient de collaborer. La taxe carbone acceptée unanimement est donc peut-être l'implémentation nécessaire pour espérer changer l'inaction en action. Une étude plus détaillée sur le réel effet d'une taxe carbone sur ce commerce semble être intéressante et nécessaire afin d'évaluer si ces modifications logistiques seront réellement implémentées. En effet, la taxe carbone permettrait-elle de trouver un nouvel équilibre concurrentiel en termes de délai de livraison ? Si l'étude complémentaire répond négativement à cette question, l'ensemble des améliorations analysées dans ce mémoire ne pourront malheureusement jamais avoir lieu sans craindre une perte de clientèle vers des concurrents moins soucieux de l'environnement.

----- PARTIE IV – BIBLIOGRAPHIE -----

- AbcSupplyChain (2019). *Les secrets de la Supply Chain & Logistique Amazon*.
<https://abcsupplychain.com/amazon-supply-chain-logistique-transport/>
- Accord de paris. (2015, décembre 12). *Nations unies*.
- Aldy, J. E., Ley, E., & Parry, I. (2008). A tax-based approach to slowing global climate change. *National Tax Journal*, 493-517. <http://www.jstor.org/stable/41790459>
- Aldy, J. E., & Pizer, W. A. (2015). The competitiveness impacts of climate change mitigation policies. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 2(4), 565-595.
<https://doi.org/10.3386/w17705>
- Allen, J., & Browne, M. (2010). *Vans and the economy*, project report, Commission for Integrated Transport.
- Amazon (2020). *Quarterly result 2020 Q4*. https://s2.q4cdn.com/299287126-/files/doc_financials/2020/q4/Amazon-Q4-2020-Earnings-Release.pdf
- Andre, M. (2020, juillet 27). *La course aux camions électriques*. Europe Camions.
<https://www.europe-camions.com/actu-pl/a46209/camions-electriques-2018-html#:~:text=Avec%20un%20prix%20affich%C3%A9%20de,et%20faire%20mieux%20que%20Tesla.>
- Avelar, P. (2020). *Talking about the Amazon logistics network*. Advanced Solutions.
<https://www.advsolutionpros.com/amazon-transportation-network>
- Bagnaud, A. (2018, août 22). *Calcul du prix de transport de mes marchandises : comment m'y retrouver ?* Supply Chain Info. <https://www.supplychaininfo.eu/calcul-prix-transport-marchandises/>
- Baranzini, A., Goldemberg, J., & Speck, S. (2000). A future for carbon taxes. *Ecological economics*, 32(3), 395-412.
- Barba, C. & Al. (2011). Le commerce électronique : évolution ou révolution ? *Entreprises et histoire*, (3), 167-182. <https://www-cairn-info.proxy.bib.ucl.ac.be :2443/revue-entreprises-et-histoire-2011-3-page-167.htm>
- Bechwati, N. N., & Siegal, W. S. (2005). The impact of the 62niversit process on product returns. *Journal of Marketing Research*, 42(3), 358-367.

- Böhringer, C., Bye, B., Fæhn, T., & Rosendahl, K. E. (2015). Targeted carbon tariffs-Carbon leakage and welfare effects. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2017.06.003>
- Brehm, K. (2019). *The future of Online Fashion Retail*. [Mémoire de master, Instituto Universitario de Lisboa]. <https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/19791/1/The%20Future-%20of%20Online%20Fashion%20Retail%20-%20Pedagogical%20Case%20Study.pdf>
- Brousseau, E. (2000). Commerce électronique : ce que disent les chiffres et ce qu'il faut savoir. *Economie et statistique*, 339(1), 147-170. <https://doi.org/10.3406/estat.2000.7483>
- Bureau, D., Henriët, F., & Schubert, K. (2019). Pour le climat : une taxe juste, pas juste une taxe. *Notes du conseil d'analyse économique*, (2), 1-12. <https://www.cairn.info/revue-notes-du-conseil-d-analyse-economique-2019-2-page-1.htm>
- Cadelam. (2018). *La montée en puissance du commerce en ligne*. Consulté le 26 janvier 2021 sur <https://www.delen.be/fr/actualites/cadelam/la-montee-en-puissance-du-commerce-en-ligne>
- Campbell, C. L., Heinrich, D., & Schoenmüller, V. (2015). Consumers' reaction to fair trade motivated price increases. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 24, 79-84. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2015.02.005>
- Caparros, A., Péreau, J. C., & Tazdaït, T. (2003). Coalition et accords environnementaux internationaux. *Revue française d'économie*, 18(2), 199-232. <https://doi.org/10.3406/rfeco.2003.1488>
- Capitalism. (2020, août 19). *History of Amazon: From Garage Startup to the largest E-commerce marketplace*. <https://www.capitalism.com/history-of-amazon/>
- Chen, J., & Grewal, R. (2013). Competing in a supply chain via full-refund and no-refund customer returns policies. *International Journal of Production Economics*, 146(1), 246-258. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.07.005>
- Commission européenne. (2021, mai 25). *Mobilité et transports – Sécurité routière*. https://ec.europa.eu/transport/road_safety/users/professional-drivers_fr#:~:text=La%20l%C3%A9gislation%20de%20l'UE,ou%2056%20heures%20par%20semaine
- Cooper, J., Browne, M., & Peters, M. (1994). *European logistics: markets, management, and strategy*. Blackwell Business.

- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2004). Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic literature*, 42(1), 7-71.
- Cristea, A. & Al. (2013). Trade and the greenhouse gas emissions from international freight transport. *Journal of environmental economics and management*, 65(1), 153-173.
- Dambrine, F., & Valérian, F. (2017). Prix du carbone et compétitivité. Dans *Annales des Mines-Responsabilité et environnement* (No. 2, pp. 108-120). FFE.
<https://doi.org/10.3917/re1.086.0108>
- David, A., & Saïdi-Kabeche, D. (2002). Logistique et transport dans le commerce électronique : stratégie, organisation et processus d'apprentissage. *Rapport final d'études, PREDIT, n 00 MT, 85*. <http://livre2.com/LIVREF/F28/F028040.pdf>
- Defay, B. (2021, mars 11). Fiat e-Ducato (2021). *L'utilitaire électrique dès 55900 €*. L'argus.
<https://www.largus.fr/actualite-automobile/fiat-e-ducato-2021-lutilitaire-electrique-des-55-900-e-10562392.html>
- dos Santos, V. F. & Al. (2017). E-Commerce: A Short History Follow-up on Possible Trends. *International Journal of Business Administration*, 8(7), 130-138.
<https://doi.org/10.5430/ijba.v8n7p130>
- Elbeze, J., & De Perthuis, C. (2011). Vingt ans de taxation du carbone en Europe : les leçons de l'expérience. *Les Cahiers de la Chaire Economie du Climat*, 9.
<http://www.chaireeconomieduclimat.org/wp-content/uploads/2015/06/11-04-20-Cahier-Idn9-Elbeze-De-Perthuis.pdf>
- Energuidé. (2021). *Quelle est la consommation d'une voiture électrique ?*
<https://www.energuide.be/fr/questions-reponses/quelle-est-la-consommation-dune-voiture-electrique/212/>
- Europe-Camions. (2021, avril 20). *Camion porte containers neuf*. <https://www.europe-camions.com/camion-porte-containers/~a1b32c98h2/neuf.html>
- Eurostat. (2020, juin 12). *Le commerce international de biens* [Base de données].
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=International_trade_in_goods/fr&oldid=486059#Les_trois_principaux_acteurs_mondiaux_du_commerce_international:_l'E2.80.99Union_europ.C3.A9enne.2C_la_Chine_et_les_.C3.89tats-Unis

- Glossaire International. (s.d.). Dans *Le dico du commerce international*. Consulté le 29 janvier 2021 sur <https://www.glossaire-international.com/pages/tous-les-termes/commerce-international.html>
- Gouel, C., & Salman, H. (2008). *Commerce international et transports : tendances du passé et prospective 2020*. CEPII.
- Groschopf, W. & Al. (2019). Identifying carbon reduction potentials in road transportation: Creating a carbon-tracking tool for small and medium enterprises (SMEs). *Environmental and Climate Technologies*, 23(1), 98-110.
- Guillou A., & Perrier Q. (2019). Climat et fiscalité : trois scénarios pour sortir de l'impasse. *I4CE Institute For Climate Economics*. https://www.i4ce.org/wp-core/wp-content/uploads/2019/03/19-02-28-Etude-Climat_I4CE_Terra_Nova_.pdf
- Henriet, D. (s. d.). Externalité. Dans *Universalis*. Consulté le 11 novembre 2020 sur <https://www.universalis.fr/encyclopedie/externalite-economie/>
- Herber, B. P., & Raga, J. T. (1995). An international carbon tax to combat global warming: An economic and political analysis of the European Union proposal. *American journal of Economics and Sociology*, 54(3), 257-267. <https://doi.org/10.1111/j.1536-7150.1995.tb03422.x>
- Hourcade, J. C. (2015). La taxe carbone : une idée toujours d'avenir si... *Revue de l'OFCE*, (3), 167-196. <https://doi.org/10.3917/reof.139.0167>
- International Transport Forum. (2015). *Permissible Maximum Weights of Lorries in Europe (in tons)*. <http://www.internationaltransportforum.org/IntOrg/road/pdf/weights.pdf>
- IEA. (2021, janvier 21). *Data and statistics – Explore energy data by category, indicator, country or region*. <https://www.iea.org/data-and-statistics>
- Jules. (2021, janvier 20). *The top 10 ecommerce markets you should be targeting*. Easyship. <https://www.easyship.com/blog/10-ecommerce-destinations-to-target>
- Kfoury, J. (2018). Le commerce électronique. Un chiffre d'affaires en nette augmentation. <http://www.epsilon.insee.fr/jspui/bitstream/1/75393/1/ip1695.pdf>
- Kutasi, G., & Perger, J. (2015). Tax incentives applied against externalities: International examples of fat tax and carbon tax. *Society and Economy*, 37(s1), 117-135. <https://doi.org/10.1556/204.2015.37.S.8>

- L'argus. (2019). *Fiche technique Citroën Jumper Fg II 33 L2H1 2.2. BlueHdi 120 S&S Control*.
<https://www.largus.fr/fiche-technique/Citroen/Jumper+Pg/Ii/2021/Fourgon+4+Portes/33+-L2h1+22+Bluehdi+120+Control-2113401.html>
- Lalanne-Sicaud, V. (2021, avril 28). *CO2 : le bilan carbone d'une auto électrique VS thermique*.
 Auto Plus. <https://www.autoplus.fr/environnement/voiture-electrique-ou-thermique-qui-emet-le-plus-de-co2-sur-son-cycle-de-vie-233117#img4>
- Lamensch M. (2020). *Fiscalité* [Diapositives]. Université Catholique de Louvain-La-Neuve.
- Laurent, E., & Le Cacheux J. (2010). *Taxe(s) carbone : et maintenant ? Lettre de l'OFCE*, (316), 1-4. <https://hal-sciencespo.archives-ouvertes.fr/hal-01023823>
- Le Shuttle Freight. (2021, 28 février). *Clients non titulaires de compte*.
<https://www.eurotunnelfreight.com/fr/tarifs/>
- Lee, H. L. (2008). The combustion-based CO2 emissions data for GTAP Version 7 Data Base. *Center for Global for Global Trade Analysis, Purdue University: West Lafayette*.
- Lin, J., Zhang, J., & Cheng, T. C. E. (2020). Optimal pricing and return policy and the value of freight insurance for a retailer facing heterogeneous consumers with uncertain product values. *International Journal of Production Economics*, 229, 107767.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107767>
- Logistique Magazine. (2000). *Quelle logistique pour le e-commerce ? Logistique Magazine*, vol. 150, 79-81.
- Mangiaracina, R., Marchet, G., Perotti, S., & Tumino, A. (2015). A review of the environmental implications of B2C e-commerce: a logistics perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-06-2014-013>
- Marland G. & Al. (2009). Trade, transport, and sinks extend the carbon dioxide responsibility of countries: An editorial essay. *Climatic Change*, 97(3), 379-388. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9606-2>
- McKinnon, A. (2007). *CO2 Emissions from Freight Transport in the UK. Report prepared for the Climate Change Working Group of the Commission for Integrated Transport*, 57.
- McLeod, F., Cherrett, T., & Song, L. (2006). Transport impacts of local collection/delivery points. *International Journal of Logistics*, 9(3), 307-317.

- Miao, G., & Fortanier, F. (2017). Estimating transport and insurance costs of international trade. <https://doi.org/10.1787/8267bb0f-en>
- MJM Transport. (2021). *Tarifs pour le transport de vos colis*. <http://www.mjmtransport.be/tarifs.php>
- Moneta, C. (1959). The estimation of transportation costs in international trade. *Journal of Political Economy*, 67(1), 41-58. <https://doi.org/10.1086/258129>
- MWPVL International Inc. (2021). *Amazon Global Fulfillment Center Network Map*. https://mwpvl.com/html/amazon_maps.html
- Nicolas, F. (2020, avril 24). *Commerce Mondial : les Nouvelles routes maritimes*. IFRI. <https://storymaps.arcgis.com/stories/7d3a7a1492564cb2aabea79287566745>
- Oberson, X., & Al. (2020, décembre 1). *Conférence : Taxation des entreprises digitales*. [Conférence]. Université de Genève, en Ligne. <https://cdbf.ch/event/conference-taxation-des-entreprises-digitales/#>
- OECD. (2016). The Carbon Footprint of Global Trade – Tackling Emissions from International Freight Transport. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/cop-pdf-06.pdf>
- OECD. (2017). *Model Tax Convention on Income and on Capital*. https://read.oecd-ilibrary.org/taxation/model-tax-convention-on-income-and-on-capital-condensed-version-2017_mtc_cond-2017-en#page3
- OECD. (2018). *Tax Challenges Arising from Digitalisation – Interim Report 2018: Inclusive Framework on BEPS*, OECD/G20 Base Erosion and Profit Shifting Project, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264293083-en>
- Organisation Mondiale du Commerce (OMC). (2013). *Rapport sur le commerce mondial*. https://www.wto.org/french/res_f/booksp_f/world_trade_report13_f.pdf
- Park, M., & Regan, A. (2004), *Issues in Emerging Home Delivery Operations*, University of California, Transportation Center, Los Angeles, CA.
- Postic S., & Métivier C. (2019). Les comptes mondiaux du carbone en 2019. *14CE Institute For Climate Economics*. <https://www.i4ce.org/wp-core/wp-content/uploads/2019/05/i4ce-PrixCarbon-VF.pdf>

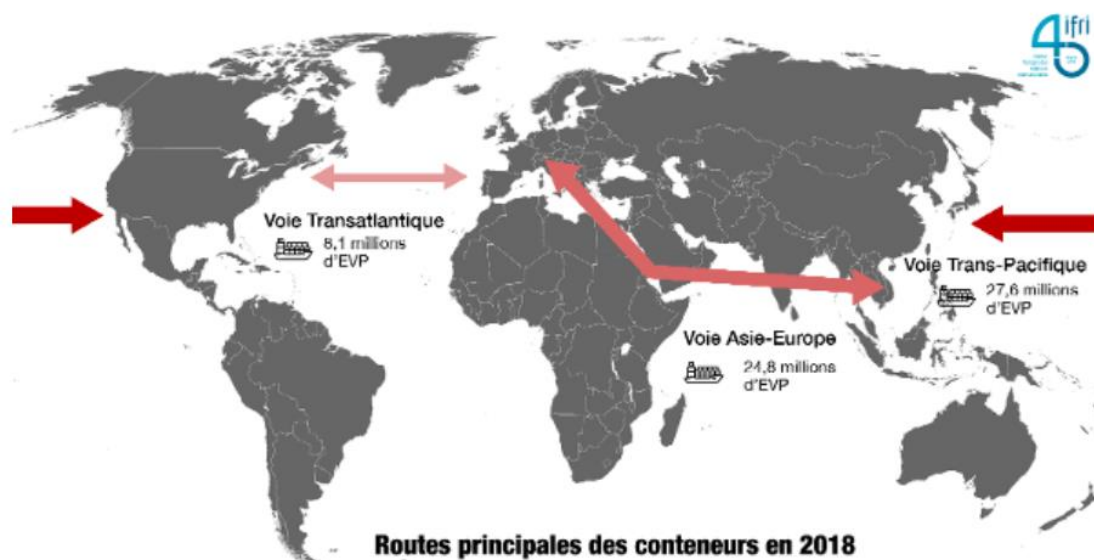
- Postic S., & Fetet M. (2020). Les comptes mondiaux du carbone en 2020. *14CE Institute For Climate Economics*. <https://www.i4ce.org/download/comptes-mondiaux-carbone-2020/>
- Psaraftis H. N., & Kontovas C. A. (2008). Ship Emissions Study, *Laboratory for Maritime Transport – National Technical University of Athens*, report to Hellenic Chamber of Shipping, May.
- Rainelli, M. (2003). *Le commerce international* (9^{ème} éd.). La découverte. <http://www.bm.com.tn/ckeditor/files/commerce.pdf>
- Schubert, K. (2009). Pour la taxe carbone. *La politique économique face à la menace climatique* (No. Hal-00433811). HAL
- SNCF. (2019, janvier 1). *Conditions d'application des tarifs et d'établissement des prix*. <http://medias.sncf.com/sncfcom/pdf/fret/Tarifs/Tarifs.pdf>
- Statista. (2018). *Nombre d'acheteurs en ligne dans les pays d'Europe 2018*. <https://fr.statista.com/statistiques/1007955/nombre-acheteurs-en-ligne-par-pays-europe/>
- Statista. (2020). *Average value of global online shopping orders as of 2nd quarter 2019, by device*. <https://www.statista.com/statistics/239247/global-online-shopping-order-values-by-device/>
- Statista. (2021a). *Statistiques sur E-Commerce en Monde*. <https://fr.statista.com/map/monde/secteurs/e-commerce>
- Statista. (2021b). *Amazon's shipping costs from 2011 to 2020*. <https://www.statista.com/statistics/806498/amazon-shipping-costs/#:~:text=In%20the%20most%20recently%20reported,dollars%20in%20the%20previous%20year.>
- Stratégie logistique. (2018, février 6). *Zalando se déploie en Europe*. <https://www.strategieslogistique.com/Zalando-toujours-offensif,7552>
- Sustainable development in the United Kingdom. (2021, janvier 28). *Lordgrey*. https://www.lordgrey.org.uk/~f014/usefulresources/aric/Resources/Teaching_Packs/Key_Stage_4/Sustainable_Development/04a.html
- Taxe carbone. (2020, octobre 10). Dans *Wikipédia*. https://fr.wikipedia.org/wiki/Taxe_carbone.
- Venne, J. F. (2018). La logistique, colonne vertébrale du commerce électronique. *Gestion*, 43(2), 60-63. <https://doi.org/10.3917/riges.432.0060>
- Waters, D. (2010). *Global Logistics – New directions in Supply Chain Management* (6th edition). Kogan Page Publishers. <https://doi.org/10.1787/9789264072916-7-en>

- Williams, E., & Tagami, T. (2002). Energy use in sales and distribution via e-commerce and conventional retail: A case study of the Japanese book sector. *Journal of Industrial Ecology*, 6(2), 99-114. <https://doi.org/10.1162/108819802763471816>
- World Freight Rates. (2021, février 19). *Calculatrice de fret*. <https://worldfreightrates.com/fr/freight>
- Zalando. (2020). *Zalando Financials*. <https://corporate.zalando.com/sites/default/files/media-download/2020-11-04%20Q3%202020%20Zalando%20Financials.pdf>
- Zalando. (2020a, mars 24). *Zalando European Fulfillment Network*. <https://partnerportal.zalando.com/s/article/Zalando-European-Fulfillment-Network>
- Zalando. (2021, février 14). Dans *Wikipédia*. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Zalando>
- Zedillo, E. (2008, mars 6). *Carbon prices, not quotas*. Consulté le 25 septembre 2020 sur <https://www.forbes.com/forbes/2008/0324/035.html?sh=3079871b6640>
- Zhang, Z., & Baranzini, A. (2004). What do we know about carbon taxes? An inquiry into their impacts on competitiveness and distribution of income. *Energy policy*, 32(4), 507-518.

----- PARTIE V – ANNEXES -----

Annexe 1

Les trois axes maritimes principaux du commerce international.



Source : IFRI

Annexe 2

Pourcentage de fret de marchandises par mode en fonction de la région. Il existe une différenciation entre les pourcentages en termes de valeur et ceux en termes de poids au kilomètre.

Table 2. Regional Modal Shares, by trade value and KG-KM

Panel (A) Modal shares by importer								
	By Value				By KG-KM			
	Sea	Air	Rail	Road	Sea	Air	Rail	Road
North America	46.6	21.0	6.7	25.7	91.8	1.4	1.4	5.5
Central America	78.8	16.3	0.3	4.6	97.9	0.6	0.1	1.4
South America	66.4	22.7	0.3	10.6	96.0	1.3	0.2	2.6
Europe	35.5	13.0	4.5	46.9	91.7	1.1	2.0	5.2
South Asia	74.8	21.7	0.6	2.9	99.2	0.5	0.1	0.3
East Asia	72.8	25.8	0.2	1.2	98.8	1.1	0.0	0.1
Middle East/Africa	68.2	19.1	0.0	12.7	88.5	0.9	0.0	10.6
Oceania	78.0	22.0	0.0	0.0	98.1	1.9	0.0	0.0
WORLD	50.2	18.4	3.5	27.8	95.0	1.1	0.8	3.1
Panel (B) Modal shares by exporter								
North America	28.3	25.9	9.4	36.4	88.2	4.6	1.4	5.8
Central America	74.0	20.6	0.4	5.0	97.0	0.9	0.2	2.0
South America	85.7	7.3	0.2	6.8	99.1	0.2	0.0	0.6
Europe	35.1	13.0	4.5	47.3	89.3	0.9	2.8	7.1
South Asia	73.9	21.6	0.8	3.7	97.8	1.0	0.2	1.0
East Asia	72.0	26.8	0.2	1.0	98.8	0.9	0.0	0.2
Middle East/Africa	80.6	9.3	0.0	10.1	97.3	0.1	0.0	2.6
Oceania	89.8	10.2	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
WORLD	50.2	18.4	3.5	27.8	95.0	1.1	0.8	3.1

Source : Cristea & Al. (2013)

Annexe 3

Grammes de CO₂ émis pour une tonne et un kilomètre de fret de marchandises en fonction du mode de transport utilisé.

Table 3: Emissions per Tonnes-Km of Transport Services, by Mode

Panel (A) Maritime Mode			
Ship Type	CO ₂ per tonnes-km	GTAP Sectors	Source
Bulk	4.5	Bulk agriculture, forestry, minerals, coal products	University of Athens, 2008
Container	12.1	Processed agriculture, fishing, textiles, wearing apparel, leather products, wood products, paper products and publishing, ferrous metals, metals nec, metal products, motor vehicles and parts, transport equipment nec, electronic equipment, machinery and equipment, manufactures nec	University of Athens, 2008
Oil Tanker	5	Oil	University of Athens, 2008
LNG	16.3	Gas	University of Athens, 2008
LPG	12.7	Petroleum	University of Athens, 2008
Chemical	10.1	Chemical products	University of Athens, 2008
Panel (B) Land Mode			
Mode Type	CO ₂ per tonnes-km		Source
Road	119.7		Giannouli and Mellios, EEA, 2005
Rail	22.7		
Panel (C) Air Mode			
Plane Type	CO ₂ per tonnes-km		Source
Boeing 747	552		Maersk Line, 2007
Various	476-1020		California Climate Change 2006
US Cargo Fleet	963.45		Authors' calculations based on ATA fuel usage data
US Cargo Fleet	912		Authors' calculations based on Aircraft Economics 1999 data

Source : Psaraftis & Kontovas (2008)

Annexe 4

Caractéristiques du commerce traditionnel versus caractéristiques du E-commerce.

TABLE 2. Characteristics of E-commerce Delivery

Attributes	Traditional Delivery	E-commerce Delivery
Distribution Chain	Producer – Wholesaler – Retailer	Online Retailer – Customer
Shipment size	Large	Small
Shipment type	Homogeneous	Heterogenous
Number of loads (density)	High	Low
Number of delivery stops	One or more stops	Many stops
Delivery failure	Few	Many
Delivery frequency	Low	High
Delivery time sensitivity	Low	High
Number of vehicle required	Low	High
Vehicle size	Large	Small
Delivery cost per each load	Small	High

Source : Park & Regan (2004)

Annexe 5

Année de mise en œuvre de la taxe carbone ainsi que le prix à la tonne de CO₂ et la part des émissions couvertes.

Juridiction	Année de mise en œuvre	Prix USD/tCO ₂ (valeur nominale) ①	Part des émissions (%) ②
Finlande	1990	70	36
Pologne	1990	0,08	4
Norvège	1991	58	60
Suède	1991	124	40
Danemark	1992	26	40
Slovénie	1996	19	24
Estonie	2000	2,3	3
Lettonie	2004	5,7	15
Liechtenstein	2008	96	26
Suisse	2008	96	33
Colombie-Britannique	2008	30	70
Islande	2010	30	29
Irlande	2010	23	49
Ukraine	2011	0,02	71
Japon	2012	2,6	68
Royaume-Uni	2013	24	23
Mexique	2014	2,4	46
France	2014	51	35
Portugal	2015	14	29
Chili	2018	5,0	39
Colombie	2018	5,0	24
Singapour	2019	3,7	80
Argentine	2019	10	20
Mécanisme fédéral canadien	2019	15	N/A
Terre-Neuve-et-Labrador	2019	15	91
Afrique du Sud	2019	8,3	80
Territoires du Nord-Ouest	2019	N/A	N/A
Île-du-Prince-Édouard	2019	N/A	N/A

① Prix en USD/tCO₂ :

- Moins de 10
- Entre 11 et 30
- Plus de 30

② Part des émissions couvertes :

- Moins de 35 %
- Entre 36 % et 65 %
- Plus de 65 %

* Les prix de entre avril 2

** Le système

*** Le SEQUE

Source : I4CE – Institute for Climate Economics

Annexe 6

Ensemble du territoire couvert par l'entreprise Zalando.



Source : <https://fr.zalando.be/>

Annexe 7

Indicateurs de performances déclarés dans le rapport trimestriel de Zalando en 2020.

	Year FY/14	Year FY/15	Year FY/16	Year FY/17	Year FY/18	Year FY/19	Quarter Q1/20	Quarter Q2/20	Half-Year H1/20	Quarter Q3/20
Group Key Performance Indicators										
Site Visits (m) ¹	1,363.8	1,656.4	1,991.6	2,563.5	3,137.2	4,178.1	1,137.5	1,296.2	2,433.7	1,268.5
Mobile Visit Share (in % of Site Visits) ¹	42.3%	57.1%	65.6%	70.7%	79.3%	83.7%	84.6%	85.9%	85.3%	87.2%
Active Customers (m)	14.7	17.9	19.9	23.1	26.4	31.0	31.9	34.1	34.1	35.6
Number of Orders (m)	41.4	55.3	69.2	90.5	116.2	144.9	37.0	46.5	83.5	44.0
Average Order per Active Customer (LTM)	2.82x	3.08x	3.48x	3.92x	4.40x	4.68x	4.72x	4.72x	4.72x	4.78x
Average Basket Size (in €) (LTM)	-	-	-	60.6	57.2	56.6	56.4	56.9	56.9	57.2

Source : Zalando (2020)

Annexe 8

Cinq entrepôts sont localisés dans la zone orange représentant l'Allemagne (Hub). L'ensemble des points sur la carte constituent les entrepôts externes (Spokes) dans le but stratégique d'assurer une livraison et un retour rapide.



Source : <https://fr.zalando.be/>

Annexe 9

Indices

$i \triangleq$ Localisation des centres postaux

$j \triangleq$ Localisation des entrepôts

$m \triangleq$ Modes de transports

Paramètres

$PF \triangleq$ Prix de vente d'une commande moyenne

$x_i \triangleq$ Demande journalière par centre postal i

$y_j \triangleq$ Demande mensuelle par entrepôt j

$PC_i \triangleq$ Prix du centre postal i par colis

$KM_{i,j,m} \triangleq$ Kilomètres entre le centre postal i et l'entrepôt j avec le mode de transport m

$P_m \triangleq$ Prix du mode de transport m ($\frac{\text{euros}}{\text{km}}$)

$KMI_{j,m} \triangleq$ Kilomètres entre Erfurt et l'entrepôt j avec le mode de transport m

$TC \triangleq$ Prix de la taxe carbone par tonne de CO₂ émise

$E_m \triangleq$ Taux d'émission du mode de transport m ($\frac{\text{gm}}{\text{tonne}} \cdot \text{km}$)

$C_m \triangleq$ Capacité du mode de transport m (nombre de colis)

$D_i \triangleq$ Délai de livraison maximum acceptable par les clients fournis par le centre postal i

$DL_{i,j,m} \triangleq$ Délai de livraison jusqu'au consommateur final passant par le centre postal i , l'entrepôt j et avec le mode de transport m

Variables

$NFCL_{i,j,m} \triangleq$ Nombre de véhicule du mode m nécessaire pour approvisionner le centre postal i de l'entrepôt j

$NC_{j,m} \triangleq$ Nombre de véhicule de mode m nécessaires pour livrer l'entrepôt j provenant du centre de distribution i

$a_{i,j,m} \triangleq \begin{cases} 1 & \text{si l'entrepôt } j \text{ approvisionne le centre postal } i \text{ par le mode de transport } m \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$

$b_{j,m} \triangleq \begin{cases} 1 & \text{si l'entrepôt Erfurt approvisionne l'entrepôt } j \text{ par le mode de transport } m \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$

Modèle

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & \sum_i x_i \cdot PF - 1,5 \cdot \sum_i PC_i \cdot x_i - 2 \cdot \sum_i \sum_j \sum_m KM_{i,j,m} \cdot P_m \cdot NFCL_{i,j,m} \cdot a_{i,j,m} - \frac{2}{7} \cdot \sum_j \sum_m KMI_{j,m} \cdot P_m \cdot NC_{j,m} \cdot b_{j,m} \\
 & - 2 \cdot TC \sum_i \sum_j \sum_m \frac{E_m \cdot \left(\frac{C_m}{2}\right)}{1.000.000.000} \cdot KM_{i,j,m} \cdot NFCL_{i,j,m} \cdot a_{i,j,m} \\
 & - \frac{2}{7} \cdot TC \sum_j \sum_m \frac{E_m \cdot \left(\frac{C_m}{2}\right)}{1.000.000.000} \cdot NC_{j,m} \cdot KMI_{j,m} \cdot b_{j,m}
 \end{aligned}$$

$$\text{s.q.} \quad NFCL_{i,j,m} \cdot C_m \geq x_i \cdot a_{i,j,m} \quad \forall i, j, m \quad (1) \quad \sum_m b_{j,m} = 1 \quad \forall j \quad (4)$$

$$\sum_m a_{i,j,m} = 1 \quad \forall i, j \quad (2) \quad D_i \geq DL_{i,j,m} \cdot a_{i,j,m} \quad \forall i, j, m \quad (5)$$

$$NC_{j,m} \cdot C_m \geq y_j \cdot b_{j,m} \quad \forall j, m \quad (3) \quad NFCL_{i,j,m}, NC_{j,m} \in \mathbb{N}^+ \quad \forall i, j, m \quad (6)$$

$$a_{i,j,m}, b_{j,m} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j, m \quad (7)$$

Explicatif maximisation : Nous avons 6 éléments sur base quotidienne. (1) *Revenu total* = Demande totale x Prix moyen par commande. (2) *Coût de distribution finale* = Nombre de colis x Prix par colis en fonction de la poste centrale x 1,5 (50% des colis sont retournés, aller-retour). (3) *Coût de distribution intermédiaire entre les entrepôts et les postes centrales* = (1, Si le mode m est choisi pour le trajet ; 0, sinon) x Kilomètres totaux parcourus x Prix au kilomètre en fonction du mode m x 2 (aller-retour). (4) *Coût de distribution intermédiaire entre Erfurt et les entrepôts* = Kilomètres totaux parcourus x Prix au kilomètre du mode m x 2 (aller-retour) / 7 (mensuel). (5) *Taxe carbone liée au point (3)* = Taux d'émission du mode m x Poids marchandises x Kilomètres totaux parcourus. (6) *Taxe carbone liée au point (4)* = même principe que le point (5) mais divisé par 7 car process mensuel.

Explicatif contraintes : Nous avons 7 contraintes à respecter. (1) Nombre de véhicules nécessaire pour approvisionner le centre postal de l'entrepôt en fonction de la capacité par colis du mode m. (2) Un seul mode choisi pour le même itinéraire. (3) Nombre de véhicules nécessaires pour approvisionner les entrepôts d'Erfurt en fonction de la capacité par colis du mode m. (4) Un seul mode choisi pour le même itinéraire. (5) Respect du délai maximum autorisé par le client final. (6) Variables positives et entières. (7) Variables binaires.

Annexe 10

Demande quotidienne par centre postal du pays (x_i).

Pays	% Acheteurs en ligne	Demande/jour
Allemagne	21,42%	85034
Belgique	2,56%	10163
France	15,62%	62009
Espagne	11,35%	45058
Italie	10,81%	42914
Autriche	0,34%	1350
Pologne	8,00%	31759
Suisse	0,34%	1350
Pays-Bas	4,51%	17904
Danemark	1,72%	6828
Norvège	1,72%	6828
Finlande	1,72%	6828
Suède	1,72%	6828
Royaume-Uni	17,31%	68718
Irlande	0,34%	1350
Tchequie	0,34%	1350
Luxembourg	0,18%	715
Somme	100%	396986

Source : Statista, 2018

Annexe 11

Les entrepôts approvisionnent les centres postaux les plus proches. La demande de l'entrepôt hebdomadaire est donc 7 fois la demande journalière des centres postaux couverts (y_i).

Entrepôt	Pays desservis par l'entrepôt	Nombre de commandes/jour	Nombre de commandes/semaine
Erfurt	Allemagne (1/4), Autriche	22609	158263
Mönchengladbach	Allemagne (1/4), Belgique, Pays-Bas, Luxembourg	50041	350287
Lahr	Allemagne (1/4), Suisse	22609	158263
Milano	Italie (1/2)	21457	150199
Paris	France, Espagne, Royaume-Uni, Irlande	177135	1239945
Szczecin	Pologne (1/3)	10480	73360
Stockholm	Suède, Norvège	13656	95592
Gdansk	Pologne (1/3), Finlande	17308	121156
Lodz	Pologne (1/3)	10480	73360
Verone	Italie (1/2)	21457	150199
Grodbeeren	Allemagne (1/4), Danemark	28087	196609

Source : Google Maps

Annexe 12

Pour l'ensemble des pays à desservir, les centres postaux ont une tarification par colis différente. Ce prix est une moyenne des différents partenariats auxquels Zalando fait appel pour la livraison à domicile. Le prix par colis final est celui pris en considération dans notre modèle. En effet, nous émettons comme hypothèse qu'une ristourne de 20% est faite par les partenaires étant donné la commande de grand volume. Cependant, pour les centres postaux ayant un entrepôt dans le pays, étant donné le coût de transport entre les deux points négligés, le prix par colis est au prix initial sans ristourne. Finalement, le délai de livraison est ce que Zalando communique sur leurs sites officiels respectifs aux différents pays. La commande doit arriver dans ces délais au consommateur final.

Pays/Centre postal	Prix par colis	Prix par colis final	Partenariat	Délai de livraison
Allemagne	5,75 €	5,75 €	DHL, DHL Express, Dpd, GLS, Hermes	3-5 jours
Autriche	4,81 €	3,85 €	DHL Express, PostAG, Hermes	2-5 jours
Pays-Bas	7,25 €	5,80 €	PostNL, FHL, DHL Express, Budbee, Dpd	1-4 jours
France	6,45 €	6,45 €	DHL Express, Colissimo, Chronopost	1-4 jours
Royaume-Uni	4,19 €	3,35 €	myHermes, DHL Express, Doddle	3-5 jours
Italie	9,00 €	9,00 €	UPS, DHL Express, SDA, BRT, PosteItaliane	6-9 jours
Suède	13,95 €	13,95 €	FHL Express, Postnord, UPS, Bring	2-5 jours
Suisse	6,44 €	5,15 €	La Poste	2-5 jours
Belgique	5,70 €	4,56 €	DHL Express, Bpost, UPS, Dpd	2-5 jours
Espagne	12,95 €	10,36 €	Celeritas, DHL Express, Correos, Seur	3-6 jours
Danemark	6,48 €	5,18 €	Postnord, DHL Express, Bring, UPS	2-5 jours
Pologne	5,48 €	5,84 €	FHL, Dpd, Fedex, DHL Express	2-5 jours
Finlande	7,90 €	6,32 €	Postnord, DHL Express, Posti, UPS	5-9 jours
Irlande	8,00 €	6,40 €	DHL, Post	6-9 jours
Luxembourg	4,80 €	3,84 €	PostLuxembourg	2-5 jours
Norvège	26,77 €	21,42 €	Postnord	4-7 jours
Tchèque	13,99 €	13,99 €	DHL	2-5 jours

Sources : Zalando (Sites officiels respectifs aux pays)

Annexe 13

Kilomètres par voie terrestre entre les entrepôts et le centre postal du pays.

Destination/Origine	Erfurt (Allemagne)	Mönchengladbach (Allemagne)	Lahr (Allemagne)	Milano (Italie)	Paris (France)	Szczecin (Pologne)
Allemagne	0	0	0	805	484	205
Belgique	576	170	522	946	348	879
France	867	488	538	851	0	1212
Espagne	1690	1398	1117	1013	919	2045
Italie	805	869	448	0	851	1191
Autriche	540	782	592	689	1053	763
Pologne	476	746	941	1209	1209	0
Suisse	790	726	305	327	518	1233
Pays-Bas	581	206	644	1076	507	810
Danemark	640	663	961	1354	1139	599
Norvège	1639	1653	1950	2343	2128	1588
Finlande	2390	2690	2816	3084	3153	2128
Suède	1511	1535	1832	2225	2011	1470
Royaume-Uni	1047	647	937	1397	563	1351
Irlande	1263	863	1153	1613	779	1567
Tchèque	0	421	482	792	823	475
Luxembourg	497	208	306	730	409	894

Destination/Origine	Stockholm (Suède)	Gdansk (Pologne)	Lodz (Pologne)	Verona (Italie)	Grodbeeren (Allemagne)
Allemagne	1418	567	462	597	0
Belgique	1667	1262	1156	1095	717
France	2019	1595	1506	1001	1042
Espagne	2883	2408	2222	1127	1855
Italie	2225	1592	1377	0	1001
Autriche	2034	1093	776	556	607
Pologne	1475	0	0	1294	204
Suisse	2122	1596	1411	476	1044
Pays-Bas	1569	1192	1087	1225	640
Danemark	877	951	978	1467	535
Norvège	697	1939	1967	2455	1523
Finlande	1766	1644	1696	2947	2128
Suède	0	1822	1849	2338	1406
Royaume-Uni	2136	1733	1628	1546	1181
Irlande	2352	1949	1844	1762	1397
Tchequie	1511	838	696	828	286
Luxembourg	1697	1277	1180	879	725

Source : Google Maps

Annexe 14

Sur base d'expérience personnelle, la taille moyenne d'un colis Zalando est de 40x8x40cm. Son poids moyen est quant à lui égal à 500 grammes. De ces paramètres nous pouvons déduire la capacité des véhicules routiers en termes de nombre de colis transportable.

Poids maximum	Prix/km	Volume (m3)	Nombre de colis maximum par véhicule
<100kg	0,41	1	78
100-499 kg	0,48	3	234
<1400 kg	0,6	12	936
<1000 kg	0,75	21	1638
<5500 kg	1,18	43	3354
<10000 kg	1,534	55	4290
<20000 kg	1,8408	82	6396

Source : MJM Transport (2021)

Annexe 15

Au-delà de ces tarifs, lorsque la distance est supérieure à 1500 kilomètres, nous émettons comme hypothèse que le prix équivaut 3 euros le kilomètre avec un wagon plein.

I - BAREMES DE TRANSPORTS

	Barème général de transport		Barème spécial de transport des marchandises dangereuses	
	Wagons à 2 essieux	Wagons à plus de 2 essieux ou à bogies	Wagons à 2 essieux	Wagons à plus de 2 essieux ou à bogies
Jusqu'à	€/ Wagon		€/ Wagon	
60 km	757	1 082	1 340	1 914
70 km	784	1 120	1 387	1 982
80 km	811	1 158	1 435	2 049
90 km	837	1 196	1 482	2 117
100 km	864	1 234	1 529	2 185
120 km	917	1 311	1 624	2 320
140 km	971	1 387	1 719	2 455
160 km	1 024	1 463	1 813	2 590
180 km	1 078	1 540	1 908	2 725
200 km	1 131	1 616	2 002	2 861
220 km	1 185	1 693	2 097	2 996
240 km	1 238	1 769	2 192	3 131
260 km	1 292	1 845	2 286	3 266
280 km	1 345	1 922	2 381	3 401
300 km	1 399	1 998	2 476	3 537
320 km	1 452	2 074	2 570	3 672
340 km	1 506	2 151	2 665	3 807
360 km	1 559	2 227	2 760	3 942
380 km	1 613	2 304	2 854	4 077
400 km	1 666	2 380	2 949	4 213
420 km	1 719	2 456	3 043	4 348
440 km	1 773	2 533	3 138	4 483
460 km	1 826	2 609	3 233	4 618
480 km	1 880	2 686	3 327	4 753
500 km	1 933	2 762	3 422	4 889
550 km	2 067	2 953	3 659	5 227
600 km	2 201	3 144	3 895	5 565
650 km	2 334	3 335	4 132	5 903
700 km	2 468	3 526	4 368	6 241
750 km	2 602	3 717	4 605	6 579
800 km	2 735	3 908	4 842	6 916
850 km	2 869	4 099	5 078	7 254
900 km	3 003	4 290	5 315	7 592
950 km	3 136	4 480	5 551	7 930
1 000 km	3 270	4 671	5 788	8 268
1 100 km	3 537	5 053	6 261	8 944
1 200 km	3 805	5 435	6 734	9 620
1 300 km	4 072	5 817	7 207	10 296
1 400 km	4 339	6 199	7 681	10 972
1 500 km	4 607	6 581	8 154	11 648

Source : SNCF (2019)

Annexe 16

Calcul du coût total de transport journalier entre les entrepôts et le client final.

Destination	Kilomètres centre postal	Nombre de commandes	Capacité par camion	Nombre de véhicule	Coût vers centre postal
Allemagne	0	85034	6396	14	
Belgique	170	10163	6396	2	625,87 €
France	0	62009	6396	10	
Espagne	919	45058	6396	8	13.533,56 €
Italie	0	42914	6396	7	
Autriche	540	1350	1638	1	405,00 €
Pologne	0	31759	6396	5	
Suisse	305	1350	1638	1	228,75 €
Pays-Bas	206	17904	6396	3	1.137,61 €
Danemark	535	6828	6396	2	1.969,66 €
Norvège	697	6828	6396	2	2.566,08 €
Finlande	1644	6828	6396	2	6.052,55 €
Suède	0	6828	6396	2	
Royaume-Uni	563	68718	6396	11	11.400,07 €
Irlande	779	1350	1638	1	584,25 €
Tchéquie	0	1350	1638	1	
Luxembourg	208	715	936	1	124,80 €

Destination	Prix par colis	Coût vers client	Coût total Aller	Coût total Aller-Retour
Allemagne	5,75 €	488.945,50 €	488.945,50 €	733.418,25 €
Belgique	4,56 €	46.343,28 €	46.969,15 €	70.766,66 €
France	6,45 €	399.958,05 €	399.958,05 €	599.937,08 €
Espagne	10,36 €	466.800,88 €	480.334,44 €	727.268,44 €
Italie	9,00 €	386.226,00 €	386.226,00 €	579.339,00 €
Autriche	3,85 €	5.194,80 €	5.599,80 €	8.602,20 €
Pologne	5,84 €	185.472,56 €	185.472,56 €	278.208,84 €
Suisse	5,15 €	6.955,20 €	7.183,95 €	10.890,30 €
Pays-Bas	5,80 €	103.843,20 €	104.980,81 €	158.040,03 €
Danemark	5,18 €	35.396,35 €	37.366,01 €	57.033,84 €
Norvège	21,42 €	146.228,45 €	148.794,52 €	224.474,82 €
Finlande	6,32 €	43.152,96 €	49.205,51 €	76.834,54 €
Suède	13,95 €	95.250,60 €	95.250,60 €	142.875,90 €
Royaume-Uni	3,35 €	230.342,74 €	241.742,81 €	368.314,25 €
Irlande	6,40 €	8.640,00 €	9.224,25 €	14.128,50 €
Tchéquie	13,99 €	18.886,50 €	18.886,50 €	28.329,75 €
Luxembourg	3,84 €	2.745,60 €	2.870,40 €	4.368,00 €

- ❖ *Kilomètres centre postal* : Kilomètres entre l'entrepôt et le centre postal le plus proche.
Hypothèse que les entrepôts sont localisés proche du centre postal du pays donc 0.
- ❖ *Capacité par camion* : Taille de véhicule choisie en fonction du nombre de commandes.
- ❖ *Nombre de véhicules* : Nombre de véhicules d'une certaine capacité nécessaire pour approvisionner la demande.
- ❖ *Coût vers le centre postal* : Kilomètres centre postal x Nombre de véhicules x Prix au kilomètre en fonction de la capacité.
- ❖ *Coût vers client* : Prix par colis x Nombre de commandes
- ❖ *Coût total aller* : Coût vers centre postal + Coût vers client
- ❖ *Coût total Aller-Retour* : 2 x Coût vers le centre postal (Aller-Retour) + 1.5 x Coût vers client (50% des colis sont retournés en moyenne)

Annexe 17

Liste des entrepôts de l'entreprise de type Amazon.

Entrepôt	Pays	Entrepôt	Pays
Miami	USA	Berlin	Allemagne
Nouvel Orléan	USA	Dortmund	Allemagne
Mineapolis	USA	Rome	Italie
Chicago	USA	Milan	Italie
Washington	USA	Madrid	Espagne
Colorado	USA	Barcelone	Espagne
Seattle	USA	Szczecin	Pologne
Los Angeles	USA	Krakov	Pologne
Mississauga	Canada	Prague	Tchéquie
Montreal	Canada	Bratislava	Slovaquie
Calgary	Canada	New dell	Inde
Vancouver	Canada	Kolkata	Inde
Tepotztlan	Mexique	Chhindwara	Inde
Sao Paulo	Brésil	Chennai	Inde
Recife	Brésil	Tokyo	Japon
Edinburgh	UK	Osaka	Japon
Liverpool	UK	Kumamoto	Japon
Londres	UK	Melbourne	Australie
Paris	France	Sydney	Australie
Lyon	France	Perth	Australie
Munich	Allemagne	Dubai	Arabie Saoudite
Hambourg	Allemagne	Mecca	Arabie Saoudite
		Riyadh	Arabie Saoudite

Source : MWPVL International Inc. (2021)

Les centres de distribution ont été choisis de manière à ce qu'un entrepôt soit considéré comme centre de distribution. De plus, nous émettons que chaque pays desservi (Annexe 18) possède un ou plusieurs centres de distribution en fonction de la taille du pays.

Centre de distribution	Pays	Centre de distribution	Pays	Centre de distribution	Pays
Miami	USA	Berlin	Allemagne	Riyadh	Arabie Saoudite
Nouvel Orléan	USA	Dortmund	Allemagne	Séoul	Corée du Sud
Mineapolis	USA	Rome	Italie	Moscou	Russie
Chicago	USA	Milan	Italie	Toura	Russie
Washington	USA	Madrid	Espagne	Berezovka	Russie
Colorado	USA	Barcelone	Espagne	Ain Salah	Algérie
Seattle	USA	Szczecin	Pologne	Nairobi	Kenya
Los Angeles	USA	Krakov	Pologne	Bangkok	Thaïlande
Mississauga	Canada	Prague	Tchéquie	Stockholm	Suède
Montreal	Canada	Bratislava	Slovaquie	Hong Kong	Chine
Calgary	Canada	New dell	Inde	Pékin	Chine
Vancouver	Canada	Kolkata	Inde	Shangai	Chine
Tepotztlan	Mexique	Chhindwara	Inde	Kiev	Ukraine
Sao Paulo	Brésil	Chennai	Inde	Athènes	Grèce
Recife	Brésil	Tokyo	Japon	Bogota	Colombie
Edinburgh	UK	Osaka	Japon	Santiago	Chili
Liverpool	UK	Kumamoto	Japon	Cordoba	Argentine
Londres	UK	Melbourne	Australie		
Paris	France	Sydney	Australie		
Lyon	France	Perth	Australie		
Munich	Allemagne	Dubai	Arabie Saoudite		
Hambourg	Allemagne	Mecca	Arabie Saoudite		

Annexe 18

La demande de chaque pays est calculée en fonction de la proportion des revenus générés par pays (AbcSupplyChain, 2019) ainsi que le top 10 des localisations du E-commerce (Jules, 2021). En effet, en 2017, 120 milliards de revenus proviennent des Etats-Unis, 17 milliards d'Allemagne, 11 milliards du Royaume-Uni, 12 milliards du Japon, 7 milliards de la Chine et 17 milliards de partout ailleurs. Dans ces 17 milliards restants, la France, la Corée du Sud, le Canada, la Russie et le Brésil, étant dans le top 10, ont une demande légèrement supérieure au reste. Ainsi, nous obtenons la demande par pays en multipliant la proportion trouvée par la demande journalière totale, 2.203 millions de colis (Amazon, 2020).

Pays	% Acheteurs en ligne	Demande/jour
USA	67,80%	4.091.943
Allemagne	9,60%	579.692
UK	6,21%	375.095
Japon	6,78%	409.194
Chine	3,95%	238.697
France	0,56%	34.100
Corée du Sud	0,56%	34.100
Canada	0,56%	34.100
Russie	0,56%	34.100
Brésil	0,56%	34.100
Algérie	0,15%	9.207
Mexique	0,15%	9.207
Kenya	0,15%	9.207
Thaïlande	0,15%	9.207
Suède	0,15%	9.207
Pologne	0,15%	9.207
Australie	0,15%	9.207
Arabie Saoudite	0,15%	9.207
Inde	0,15%	9.207
Tchéquie	0,15%	9.207
Slovaquie	0,15%	9.207
Ukraine	0,15%	9.207
Italie	0,15%	9.207
Espagne	0,15%	9.207
Grèce	0,15%	9.207
Colombie	0,15%	9.207
Chili	0,15%	9.207
Argentine	0,15%	9.207
Somme	100%	6.030.847

Annexe 19

Indices

$i \triangleq$ Localisation des centres de distributions

$j \triangleq$ Localisation des entrepôts

$m \triangleq$ Modes de transports

Paramètres

$P \triangleq$ Prix de vente d'une commande moyenne

$x_i \triangleq$ Demande par centre de distribution i

$PC \triangleq$ Prix de la distribution finale en camionnette par kilomètre

$KM_i \triangleq$ Kilomètres moyen entre le centre de distribution i et le client final

$CA \triangleq$ Capacité des camionnettes (nombre de colis)

$KMI_{i,j,m} \triangleq$ Kilomètres entre l'entrepôt j et le centre de distribution i

avec le mode de transport m

$PM_{i,j,m} \triangleq$ Prix d'un trajet aller du centre de l'entrepôt j au centre de distribution i

avec le mode de transport m

$C_m \triangleq$ Capacité du mode de transport m (nombre de colis)

$PR_{i,j} \triangleq$ Proportion de la demande du centre de distribution i fournie par l'entrepôt j

$D_{i,j} \triangleq$ Délai de livraison maximum acceptable par les clients du centre de distribution i
fourni par l'entrepôt j

$DL_{i,j,m} \triangleq$ Délai de livraison jusqu'au consommateur final passant par le centre
de distribution i , l'entrepôt j avec le mode de transport m

$TC \triangleq$ Prix de la taxe carbone par tonne de CO₂ émise

$EC \triangleq$ Taux d'émission de la camionnette ($\frac{gm}{tonne} \cdot km$)

$E_m \triangleq$ Taux d'émission du mode de transport m ($\frac{gm}{tonne} \cdot km$)

Variables

$NC_i \triangleq$ Nombre de camionnettes nécessaires pour livrer à domicile l'ensemble des
commandes provenant du centre de distribution i

$NFCL_{i,j,m} \triangleq$ Nombre de FCL du mode de transport m pour approvisionner le centre
de distribution i par l'entrepôt j

$a_{i,j,m} \triangleq \begin{cases} 1 & \text{si l'entrepôt } j \text{ approvisionne le centre de distribution } i \text{ par le mode de transport } m \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$

Modèle

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & \sum_i x_i \cdot P - 2 \cdot \sum_i PC \cdot NC_i \cdot KM_i - 2 \cdot \sum_i \sum_j \sum_m NFCL_{i,j,m} \cdot PM_{i,j,m} \cdot a_{i,j,m} \\
 & - 2 \cdot TC \sum_i \frac{EC \cdot CA}{1.000.000.000} \cdot KM_i \cdot NC_i \\
 & - 2 \cdot TC \sum_i \sum_j \sum_m \frac{E_m \cdot C_m}{1.000.000.000} \cdot NFCL_{i,j,m} \cdot KM_{i,j,m} \cdot a_{i,j,m}
 \end{aligned}$$

$$s.q. \quad x_i \leq NC_i \cdot CA \quad \forall i \quad (1)$$

$$a_{i,j,m} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad \forall i, j, m \quad (5)$$

$$NFCL_{i,j,m} \cdot C_m \geq x_i \cdot PR_{i,j} \quad \forall i, j, m \quad (2)$$

$$NC_i \in \mathbb{N}^+ \quad \forall i \quad (6)$$

$$a_{i,j,m} \cdot DL_{i,j,m} \leq D_{i,j} \quad \forall i, j, m \quad (3)$$

$$NFCL_{i,j,m} \in \mathbb{N}^+ \quad \forall i, j, m \quad (7)$$

$$\sum_m a_{i,j,m} = 1 \quad \forall i, j \quad (4)$$

Explicatif maximisation : Maximisation sur base de 5 éléments. (1) *Revenu total* = demande totale x le prix moyen d'une commande. (2) *Coût distribution finale* = kilomètres parcourus x 2 (aller-retour) x prix au kilomètre en camionnettes de 3m³ (Annexe 14). (3) *Coût distribution intermédiaire* = (1, Si le mode de transport m est utilisé pour lier les deux ; 0, sinon) x Nombre de conteneurs x Prix d'un conteneur aller x 2 (aller-retour). (4) *Taxe carbone sur distribution finale* = Taux d'émission par mode m x Poids des marchandises x Kilomètres totaux x 2 (aller-retour) x Prix de la taxe carbone. (5) Même chose que l'élément (4) mais pour les émissions liées à la distribution intermédiaire.

Explicatif contraintes : Le modèle possède 7 contraintes. (1) Nombre de camionnettes minimum nécessaires à l'approvisionnement de la région du centre de distribution *i* en fonction de la capacité du véhicule. (2) Nombre de véhicules du mode de transport *m* minimum nécessaires pour approvisionner le centre de distribution *i* des entrepôts *j*. (3) Contrainte afin d'accepter un mode de transport que si le délai de ce dernier respecte les prérequis du client. (4) Contrainte afin d'utiliser un mode de transport unique pour tous les trajets entre deux mêmes points *i* et *j*. Finalement, les contraintes (5), (6) et (7) imposent que les variables soient binaires ou des nombres entiers positifs.

Annexe 20

Calcul du prix de la distribution finale quotidienne.

Centre de distribution	Pays	Superficie pays (km ²)	KM Max	KM Moyen	Demande	KM entre 2 colis	Nombre de camionnettes	Prix Final	Durée (heures)	Jours
Miami	USA	9.833.517	152,27	107,67	511.493	1,16	5.500	568.493	9,903	1
Nouvel Orléan	USA	9.833.517	152,27	107,67	511.493	1,16	5.500	568.493	9,903	1
Mineapolis	USA	9.833.517	152,27	107,67	511.493	1,16	5.500	568.493	9,903	1
Chicago	USA	9.833.517	152,27	107,67	511.493	1,16	5.500	568.493	9,903	1
Washington	USA	9.833.517	152,27	107,67	511.493	1,16	5.500	568.493	9,903	1
Colorado	USA	9.833.517	152,27	107,67	511.493	1,16	5.500	568.493	9,903	1
Seattle	USA	9.833.517	152,27	107,67	511.493	1,16	5.500	568.493	9,903	1
Los Angeles	USA	9.833.517	152,27	107,67	511.493	1,16	5.500	568.493	9,903	1
Mississauga	Canada	9.984.670	673,82	476,46	8.525	5,12	92	41.929	15,691	2
Montreal	Canada	9.984.670	673,82	476,46	8.525	5,12	92	41.929	15,691	2
Calgary	Canada	9.984.670	673,82	476,46	8.525	5,12	92	41.929	15,691	2
Vancouver	Canada	9.984.670	673,82	476,46	8.525	5,12	92	41.929	15,691	2
Tepotzotlan	Mexique	1.964.375	456,54	322,82	9.207	3,47	99	30.681	14,206	2
Sao Paulo	Brésil	8.515.770	950,55	672,14	17.050	7,23	183	118.297	18,952	2
Recife	Brésil	8.515.770	950,55	672,14	17.050	7,23	183	118.297	18,952	2
Edinburgh	UK	242.495	49,11	34,73	125.032	0,37	1.344	44.822	8,908	1
Liverpool	UK	242.495	49,11	34,73	125.032	0,37	1.344	44.822	8,908	1
Londres	UK	242.495	49,11	34,73	125.032	0,37	1.344	44.822	8,908	1
Paris	France	643.801	143,15	101,22	17.050	1,09	183	17.816	9,774	1
Lyon	France	643.801	143,15	101,22	17.050	1,09	183	17.816	9,774	1
Munich	Allemagne	357.386	66,15	46,77	144.923	0,50	1.558	69.971	9,309	1
Hambourg	Allemagne	357.386	66,15	46,77	144.923	0,50	1.558	69.971	9,309	1
Berlin	Allemagne	357.386	66,15	46,77	144.923	0,50	1.558	69.971	9,309	1
Dortmund	Allemagne	357.386	66,15	46,77	144.923	0,50	1.558	69.971	9,309	1
Rome	Italie	301.388	117,07	82,78	4.604	0,89	50	3.934	10,509	2
Milan	Italie	301.388	117,07	82,78	4.604	0,89	50	3.934	10,509	2
Madrid	Espagne	505.990	141,89	100,33	4.604	1,08	50	4.768	9,757	1
Barcelone	Espagne	505.990	141,89	100,33	4.604	1,08	50	4.768	9,757	1
Szczecin	Pologne	312.679	119,24	84,32	4.604	0,91	50	4.007	10,561	2
Krakow	Pologne	312.680	119,24	84,32	4.604	0,91	50	4.007	10,561	2
Prague	Tchequie	78.866	158,44	112,04	9.207	1,20	99	10.648	9,991	1
Bratislava	Slovaquie	49.035	124,93	88,34	9.207	0,95	99	8.396	10,695	2
New dell	Inde	3.287.263	170,49	120,55	2.302	1,30	25	2.864	10,161	2
Kolkata	Inde	3.287.264	170,49	120,55	2.302	1,30	25	2.864	10,161	2
Chhindwara	Inde	3.287.265	170,49	120,55	2.302	1,30	25	2.864	10,161	2
Chennai	Inde	3.287.266	170,49	120,55	2.302	1,30	25	2.864	10,161	2
Tokyo	Japon	377.915	84,12	59,48	136.398	0,64	1.467	83.749	9,733	1
Osaka	Japon	377.915	84,12	59,48	136.398	0,64	1.467	83.749	9,733	1
Kumamoto	Japon	377.917	84,12	59,48	136.398	0,64	1.467	83.749	9,733	1
Melbourne	Australie	7.692.000	699,78	494,82	3.069	5,32	33	15.676	15,997	2
Sydney	Australie	7.692.001	699,78	494,82	3.069	5,32	33	15.676	15,997	2
Perth	Australie	7.692.002	699,78	494,82	3.069	5,32	33	15.676	15,997	2
Dubai	Arabie Saoudite	2.150.000	369,96	261,60	3.069	2,81	33	8.288	12,982	2
Mecca	Arabie Saoudite	2.150.001	369,96	261,60	3.069	2,81	33	8.288	12,982	2
Riyadh	Arabie Saoudite	2.150.002	369,96	261,60	3.069	2,81	33	8.288	12,982	2
Séoul	Corée du Sud	100.210	178,60	126,29	34.100	1,36	367	44.454	10,276	2
Moscou	Russie	17.300.000	1.354,84	958,02	11.367	10,30	122	112.407	23,717	3
Toura	Russie	17.300.001	1.354,84	958,02	11.367	10,30	122	112.407	23,717	3
Berezovka	Russie	17.300.002	1.354,84	958,02	11.367	10,30	122	112.407	23,717	3
Ain Salah	Algérie	2.382.000	870,75	615,72	9.207	6,62	99	58.518	18,012	2
Nairobi	Kenya	580.367	429,81	303,92	9.207	3,27	99	28.885	13,828	2
Bangkok	Thaïlande	513.120	404,14	285,77	9.207	3,07	99	27.160	13,465	2
Stockholm	Suède	450.295	378,59	267,71	9.207	2,88	99	25.443	13,104	2
Hong Kong	Chine	9.597.000	1.009,10	713,54	79.566	7,67	856	586.045	19,642	2
Pékin	Chine	9.597.001	1.009,10	713,54	79.566	7,67	856	586.045	19,642	2
Shangai	Chine	9.597.002	1.009,10	713,54	79.566	7,67	856	586.045	19,642	2
Kiev	Ukraine	603.628	438,34	309,95	9.207	3,33	99	29.458	13,949	2
Athènes	Grèce	131.957	204,95	144,92	9.207	1,56	99	13.773	10,648	2
Bogota	Colombie	1.143.000	603,18	426,51	9.207	4,59	99	40.536	16,280	2
Santiago	Chili	756.950	490,86	347,09	9.207	3,73	99	32.988	14,692	2
Cordoba	Argentine	2.780.000	940,69	665,17	9.207	7,15	99	63.218	18,836	2
Total								8.271.762,19		

- ❖ *Km Moyen* = Par rapport à la superficie du pays et le nombre de centre de distribution par pays, le kilomètre moyen parcouru par la camionnette lors de la livraison est calculé en fonction de sa zone de livraison (cercle de rayon *Km Max*)
- ❖ *Prix final* = *Nombre de camionnettes* x *Km Moyen* x Prix d'une camionnette de 3m³ x 2 (aller-retour)
- ❖ *Durée* = 5 minutes d'arrêt pour chaque livraison + Vitesse moyenne de 30 km/h pour moins d'1 km entre deux colis, 50 km/h pour moins de 5 km et 60 km/h pour plus de 5 km. + 10 heures de route par jour maximum.

Annexe 21

Capacité des véhicules routiers en nombre de colis pour un colis moyen de taille 40x40x20cm et d'1 kg.

Destination/Origine	Prix/km	Volume (m3)	Capacité (Nombre de colis)
<100kg	0,41	1	31
100-499 kg	0,48	3	93
<1400 kg	0,6	12	372
<1000 kg	0,75	21	651
<5500 kg	1,18	43	1333
<10000 kg	1,534	55	1705
<20000 kg	1,8408	82	2542

Source : MJM Transport (2021)

Annexe 22

Port le plus proche du centre de distribution.

Centre de distribution	Port	Centre de distribution	Port	Centre de distribution	Port
Miami	Miami	Hambourg	Hambourg	Fremantle	Fremantle
Nouvel Orléan	Nouvel Orléan	Berlin	Szczecin	Port Rashid	Port Rashid
Mineapolis	New York	Dortmund	Rotterdam	Mecca	Port Rashid
Chicago	Chicago	Rome	Civitavecchi	Riyadh	Port Rashid
Washington	Chicago	Milan	Genoa	Séoul	Inchon
Colorado	Los Angeles	Madrid	Valence	Moscou	Saint-Petersbourg
Seattle	Seattle	Barcelone	Barcelone	Krasnoïarsk	Saint-Petersbourg
Los Angeles	Los Angeles	Szczecin	Szczecin	Vladivostok	Vladivostok
Toronto	Montreal	Krakov	Trieste	Adrar	Agadir
Montreal	Montreal	Prague	Trieste	Nairobi	Mombasa
Calgary	Vancouver	Bratislava	Trieste	Bangkok	Bangkok
Vancouver	Vancouver	New dell	Mumbai	Stockholm	Stockholm
Tepotztlan	Veracruz	Kolkata	Kolkata	Hong Kong	Hong Kong
Sao Paulo	Rio	Chhindwara	Mumbai	Pékin	Tianjin
Recife	Suape	Chennai	Chennai	Shangāi	Shangāi
Edinburgh	Leith	Tokyo	Tokyo	Kiev	Mariupol
Liverpool	Liverpool	Osaka	Osaka	Athènes	Drapetsona
Londres	Londres	Kumamoto	Kytakyushu	Bogota	Buenaventura
Paris	Le Havre	Melbourne	Melbourne	Santiago	San Antonio
Lyon	Marseille	Sydney	Sydney	Cordoba	San Antonio
Munich	Trieste				

Source : Google Maps

Annexe 23¹⁰

Distances entre les entrepôts et les centres de distribution via voie terrestre. Toutes les distances sont disponibles dans l'Excel Cas de type Amazon [Distances].

Entrepôt -> Centre	Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Miami	-	1.388	2.882	2.215	1.696	3.320	5.351	4.396
Nouvel Orléan	1.388	-	1.924	1.488	1.744	2.248	4.360	3.047
Mineapolis	2.882	1.924	-	658	1.776	1.386	2.665	3.015
Chicago	2.215	1.488	658	-	1.119	1.613	3.377	3.243
Washington	1.696	1.744	1.776	1.119	-	2.683	4.495	4.266
Colorado	3.320	2.248	1.386	1.613	2.683	-	2.127	1.637
Seattle	5.351	4.360	2.665	3.377	4.495	2.127	-	1.827
Los Angeles	4.396	3.047	3.015	3.243	4.266	1.637	1.827	-
Mississauga	2.359	2.054	1.467	836	748	2.399	4.186	4.029
Montreal	2.633	2.615	2.022	1.365	938	2.954	4.740	4.583
Calgary	4.949	3.998	2.068	2.724	3.843	1.764	1.080	2.526
Vancouver	5.570	4.580	2.885	3.596	4.715	2.347	230	2.056
Tepotztlan	3.549	2.199	3.367	3.282	3.929	2.820	4.499	3.023
Sao Paulo	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
Recife	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.

Source : Google Maps

Distances entre les entrepôts et les centres de distribution via voie ferroviaire. Toutes les distances sont disponibles dans l'Excel Cas de type Amazon [Distances].

Entrepôt -> Centre	Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Miami	-	3.076	3.968	3.310	1.866	4.970	6.632	6.887
Nouvel Orléan	3.076	-	2.157	1.499	1.852	N.C.	5.029	3.195
Mineapolis	3.968	2.157	-	658	1.868	N.C.	2.872	N.C.
Chicago	3.310	1.499	658	-	1.236	1.660	3.530	4.366
Washington	1.866	1.852	1.868	1.236	-	2.896	4.766	5.048
Colorado	4.970	N.C.	N.C.	1.660	2.896	-	3.382	2.958
Seattle	6.632	5.029	2.872	3.530	4.766	3.382	-	2.202
Los Angeles	6.887	3.195	N.C.	4.366	5.048	2.958	2.202	-
Mississauga	3.070	3.090	1.657	1.033	1.213	2.659	4.528	N.C.
Montreal	2.838	2.824	2.299	1.641	974	3.301	5.171	6.007
Calgary	5.464	3.861	1.703	2.362	3.598	N.C.	N.C.	3.164
Vancouver	6.772	5.169	3.011	3.669	4.905	3.631	249	2.202
Tepotztlan	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
Sao Paulo	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
Recife	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.

Source : <https://www.rome2rio.com/>

¹⁰ N.C. = Pas accessible via ce mode de transport.

Distances entre les entrepôts et les centres de distribution via voie maritime. Toutes les distances sont disponibles dans l'Excel Cas de type Amazon [Distances].

Entrepôt -> Centre		Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
	Port	/	/	New York	/	Baltimore	Los Angeles	/	/
Miami	/		1.411	1.782	6.298	1.639	7.688	9.712	7.688
Nouvel Orléan	/	1.411		3.161	7.678	3.019	8.064	10.088	8.064
Mineapolis	New York	1.782	3.161		4.802	759	9.117	11.142	9.117
Chicago	/	6.298	7.678	4.802		5.365	13.368	15.392	13.368
Washington	Chicago	1.639	3.019	759	5.365		8.991	11.016	8.991
Colorado	Los Angeles	7.688	8.064	9.117	13.368	8.991		2.109	-
Seattle	/	9.712	10.088	11.142	15.392	11.016	2.109		2.109
Los Angeles	/	7.688	8.064	9.117	13.368	8.991	-	2.109	
Toronto	Montreal	4.304	5.684	2.808	1.995	3.371	11.373	13.397	11.373
Montreal	/	4.304	5.684	2.808	1.995	3.371	11.373	13.397	11.373
Calgary	Vancouver	9.742	10.117	11.171	15.422	11.045	2.152	233	2.152
Vancouver	/	9.742	10.117	11.171	15.422	11.045	2.152	233	2.152
Tepotztlan	Veracruz	1.874	1.500	3.626	8.140	3.482	8.077	10.101	8.077
Sao Paulo	Rio	8.830	9.491	8.784	11.888	8.912	13.329	15.353	13.329
Recife	Suape	6.347	7.504	6.796	9.901	6.871	11.342	13.366	11.342

Source : <https://sea-distances.org/>

Distances entre les entrepôts et les centres de distribution via voie aérienne. Toutes les distances sont disponibles dans l'Excel Cas de type Amazon [Distances].

Entrepôt -> Centre		Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Miami		-	1.082	2.433	1.913	1.595	2.781	4.403	3.769
Nouvel Orléan		1.082	-	1.691	1.341	1.554	1.739	3.381	2.691
Mineapolis		2.433	1.691	-	571	1.501	1.126	2.245	2.452
Chicago		1.913	1.341	571	-	957	1.481	2.796	2.809
Washington		1.595	1.554	1.501	957	-	1.493	2.327	2.299
Denver		2.781	1.739	1.126	1.481	1.493	-	1.644	1.337
Seattle		4.403	3.381	2.245	2.796	2.327	1.644	-	1.544
Los Angeles		3.769	2.691	2.452	2.809	2.299	1.337	1.544	-
Toronto		1.983	1.791	1.116	703	562	2.144	3.317	3.502
Montreal		2.264	2.248	1.544	1.201	786	2.638	3.685	3.975
Calgary		4.016	3.074	1.685	2.255	3.174	1.441	711	1.918
Vancouver		4.518	3.511	2.299	2.860	3.800	1.782	195	1.739
Tepotztlan		2.075	1.482	2.856	2.690	3.012	2.288	3.733	2.461
Sao Paulo		6.544	7.524	8.941	8.383	4.725	9.259	10.902	9.895
Recife		6.161	7.241	8.266	7.698	6.780	8.916	10.473	9.902

Source : <https://www.travelmath.com/>

Prix final entre les entrepôts et les centres de distribution via voie aérienne. Tous les prix sont disponibles dans l'Excel Cas de type Amazon [Prix final].

Entrepôt -> Centre	Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Demande	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493
N° x 46 colis	11.119	11.119	11.119	11.119	11.119	11.119	11.119	11.119
Miami	-	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540
Nouvel Orléan	475.540	-	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540
Mineapolis	475.540	475.540	-	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540
Chicago	475.540	475.540	475.540	-	475.540	475.540	475.540	475.540
Washington	475.540	475.540	475.540	475.540	-	475.540	475.540	475.540
Colorado	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540	-	475.540	475.540
Seattle	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540	-	475.540
Los Angeles	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540	475.540	-
Mississauga	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212
Montreal	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212
Calgary	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212
Vancouver	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212	482.212
Tepotztlan	525.207	525.207	525.207	525.207	525.207	525.207	525.207	525.207
Sao Paulo	203.485	203.485	203.485	203.485	203.485	203.485	203.485	203.485
Recife	203.485	203.485	203.485	203.485	203.485	203.485	203.485	203.485

Prix final entre les entrepôts et les centres de distribution via voie maritime et terrestre (multimodal). Tous les prix sont disponibles dans l'Excel Cas de type Amazon [Prix final].

Entrepôt -> Centre	Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Demande	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493
N° FCL	202	202	202	202	202	202	202	202
Miami	N.C.	N.C.	27.290	N.C.	4.420	35.892	N.C.	N.C.
Nouvel Orléan	N.C.	N.C.	29.216	N.C.	6.461	31.107	N.C.	N.C.
Mineapolis	27.290	29.216	N.C.	23.854	27.679	60.624	41.879	40.345
Chicago	N.C.	N.C.	23.854	N.C.	3.824	36.770	N.C.	N.C.
Washington	4.420	6.461	27.679	3.824	N.C.	38.530	19.876	18.251
Colorado	35.892	31.107	60.624	36.770	38.530	N.C.	23.859	20.279
Seattle	N.C.	N.C.	41.879	N.C.	19.876	23.859	N.C.	N.C.
Los Angeles	N.C.	N.C.	40.345	N.C.	18.251	20.279	N.C.	N.C.
Mississauga	10.302	12.305	33.573	9.718	10.676	44.578	26.062	24.299
Montreal	N.C.	N.C.	26.841	N.C.	3.945	37.847	N.C.	N.C.
Calgary	30.356	25.144	54.085	30.230	32.092	35.923	15.101	15.644
Vancouver	N.C.	N.C.	42.056	N.C.	20.063	23.894	N.C.	N.C.
Tepotztlan	11.093	11.684	36.705	12.851	14.057	33.200	13.649	12.922
Sao Paulo	4.109	4.100	15.180	6.235	6.776	13.565	5.694	5.960
Recife	4.157	4.136	12.655	3.710	4.209	13.390	5.507	5.785

Prix final entre les entrepôts et les centres de distribution via voie maritime et ferroviaire (multimodal). Tous les prix sont disponibles dans l'Excel Cas de type Amazon [Prix final].

Entrepôt -> Centre	Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Demande	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493	511.493
N° FCL	202	202	202	202	202	202	202	202
Miami	N.C.	N.C.	47.819	N.C.	4.940	75.369	N.C.	N.C.
Nouvel Orléan	N.C.	N.C.	49.745	N.C.	6.981	70.584	N.C.	N.C.
Mineapolis	47.819	49.745	N.C.	44.383	48.728	120.630	62.408	60.874
Chicago	N.C.	N.C.	44.383	N.C.	4.345	76.247	N.C.	N.C.
Washington	4.940	6.981	48.728	4.345	N.C.	78.527	20.396	18.771
Colorado	75.369	70.584	120.630	76.247	78.527	N.C.	63.336	59.756
Seattle	N.C.	N.C.	62.408	N.C.	20.396	63.336	N.C.	N.C.
Los Angeles	N.C.	N.C.	60.874	N.C.	18.771	59.756	N.C.	N.C.
Mississauga	14.390	16.393	58.190	13.806	15.284	88.143	30.150	28.387
Montreal	N.C.	N.C.	47.370	N.C.	4.465	77.324	N.C.	N.C.
Calgary	N.C.	N.C.	62.585	N.C.	20.583	63.371	N.C.	N.C.
Vancouver	N.C.	N.C.	62.585	N.C.	20.583	63.371	N.C.	N.C.
Tepotztlan	N.C.	N.C.	51.550	N.C.	8.893	66.993	N.C.	N.C.
Sao Paulo	N.C.	N.C.	20.825	N.C.	4.918	26.316	N.C.	N.C.
Recife	N.C.	N.C.	20.113	N.C.	4.164	27.953	N.C.	N.C.

Annexe 25

Délai de livraison jusqu'au domicile du client par mode de transport. Le *délai final* provient de l'annexe 20, *Jours*. Ce délai final est inclus dans les délais de livraisons totaux juste en-dessous. Tous les délais sont disponibles dans l'Excel Cas de type Amazon [Délai final]. Les cases colorées en rouge sont celles ne respectant pas les délais assurés par Amazon et résultent donc au fait que ce mode de transport ne peut être choisi pour cet itinéraire.

Voie terrestre

Délai final	1	1	1	1	1	1	1	1
FC --> Référence	Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Miami	1	3	4	4	3	5	7	6
Nouvel Orléan	3	1	4	3	3	4	6	4
Mineapolis	4	4	1	2	3	3	4	4
Chicago	4	3	2	1	3	3	5	5
Washington	3	3	3	3	1	4	6	6
Colorado	5	4	3	3	4	1	4	3
Seattle	7	6	4	5	6	4	1	3
Los Angeles	6	4	4	5	6	3	3	1
Missisuga	4	4	3	2	2	4	6	5
Montreal	4	4	4	3	3	5	6	6
Calgary	6	6	4	4	5	3	3	4
Vancouver	7	6	4	5	6	4	2	4
Tepotztlan	5	4	5	5	6	5	6	5
Sao Paulo	-	-	-	-	-	-	-	-
Recife	-	-	-	-	-	-	-	-

Source : <https://www.rome2rio.com/>

Voie ferroviaire

Délai final	1	1	1	1	1	1	1	1
FC --> Référence	Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Miami	1	3	4	3	2	4	5	5
Nouvel Orléan	3	1	3	2	3	-	4	3
Mineapolis	4	3	1	2	3	-	3	-
Chicago	3	2	2	1	2	2	3	4
Washington	2	3	3	2	1	3	4	5
Colorado	4	-	-	2	3	1	4	3
Seattle	5	4	3	3	4	4	1	3
Los Angeles	5	3	-	4	5	3	3	1
Missisuga	3	3	2	2	2	3	4	-
Montreal	3	3	3	2	2	3	4	5
Calgary	5	4	3	3	4	-	-	4
Vancouver	5	4	3	3	4	4	2	3
Tepotztlan	-	-	-	-	-	-	-	-
Sao Paulo	-	-	-	-	-	-	-	-
Recife	-	-	-	-	-	-	-	-

Source : <https://www.rome2rio.com/>

Voie aérienne

Délai final	1	1	1	1	1	1	1	1
FC --> Référence	Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Miami	1	2	2	2	2	2	2	2
Nouvel Orléan	2	1	2	2	2	2	2	2
Mineapolis	2	2	1	2	2	2	2	2
Chicago	2	2	2	1	2	2	2	2
Washington	2	2	2	2	1	2	2	2
Colorado	2	2	2	2	2	1	2	2
Seattle	2	2	2	2	2	2	1	2
Los Angeles	2	2	2	2	2	2	2	1
Mississauga	2	2	2	2	2	2	2	2
Montreal	2	2	2	2	2	2	2	2
Calgary	2	2	2	2	2	2	2	2
Vancouver	2	2	2	2	2	2	2	2
Tepotztlan	2	2	2	2	2	2	2	2
Sao Paulo	2	2	2	2	2	2	2	2
Recife	2	2	2	2	2	2	2	2

Source : <https://www.travelmath.com/>

Voie maritime

Délai final	1	1	1	1	1	1	1	1
FC --> Référence	Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Miami	1	3	-	7	-	-	11	9
Nouvel Orléan	3	1	-	9	-	-	11	9
Mineapolis	-	-	1	-	-	-	-	-
Chicago	7	9	-	1	-	-	16	14
Washington	-	-	-	-	1	-	-	-
Colorado	-	-	-	-	-	1	-	-
Seattle	11	11	-	16	-	-	1	3
Los Angeles	9	9	-	14	-	-	3	1
Mississauga	-	-	-	-	-	-	-	-
Montreal	6	7	-	3	-	-	14	12
Calgary	-	-	-	-	-	-	-	-
Vancouver	11	11	-	16	-	-	2	3
Tepotztlan	-	-	-	-	-	-	-	-
Sao Paulo	-	-	-	-	-	-	-	-
Recife	-	-	-	-	-	-	-	-

Source : <https://sea-distances.org/>

Voie maritime + terrestre

Délai final	1	1	1	1	1	1	1	1
FC --> Référence	Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Miami	-	-	4	-	3	9	-	-
Nouvel Orléan	-	-	5	-	4	10	-	-
Mineapolis	4	5	-	7	3	12	13	11
Chicago	-	-	7	-	7	15	-	-
Washington	3	4	3	7	-	11	12	10
Colorado	9	10	12	15	11	-	4	2
Seattle	-	-	13	-	12	4	-	-
Los Angeles	-	-	11	-	10	2	-	-
Missisauga	6	7	5	4	5	13	14	12
Montreal	-	-	5	-	5	13	-	-
Calgary	11	11	13	16	12	5	2	4
Vancouver	-	-	13	-	12	4	-	-
Tepotztlan	3	3	6	9	5	10	11	9
Sao Paulo	10	11	11	13	10	15	16	14
Recife	7	9	9	11	8	13	14	12

Source : <https://sea-distances.org/> & <https://www.rome2rio.com/>

Voie maritime + ferroviaire

Délai final	1	1	1	1	1	1	1	1
FC --> Référence	Miami	Nouvel Orléan	Mineapolis	Chicago	Washington	Colorado	Seattle	Los Angeles
Miami	-	-	4	-	3	11	-	-
Nouvel Orléan	-	-	6	-	4	11	-	-
Mineapolis	4	6	-	7	3	13	13	11
Chicago	-	-	7	-	7	16	-	-
Washington	3	4	3	7	-	12	12	10
Colorado	11	11	13	16	12	-	5	3
Seattle	-	-	13	-	12	5	-	-
Los Angeles	-	-	11	-	10	3	-	-
Missisauga	6	7	5	4	5	14	14	12
Montreal	-	-	5	-	5	14	-	-
Calgary	-	-	13	-	12	5	-	-
Vancouver	-	-	13	-	12	5	-	-
Tepotztlan	-	-	6	-	5	11	-	-
Sao Paulo	-	-	11	-	10	16	-	-
Recife	-	-	9	-	8	16	-	-

Source : <https://sea-distances.org/> & <https://www.rome2rio.com/>

Annexe 26

E-commerce – Livraison

Le commerce en ligne se développe de plus en plus chaque jour jusqu'à détrôner les magasins dans certaines catégories de produits. En effet, ce "nouveau commerce" nous a permis de recevoir des produits provenant du monde entier à faible prix en satisfaisant les critères des consommateurs.

Les caractéristiques de livraison forment un critère fondamental pour le client de plus en plus exigeant. Néanmoins les livraisons internationales représentent un énorme coût pour ces entreprises et également un impact environnemental majeur avec le CO2 émis lors du transport. En effet, au plus nous commandons loin, au plus l'environnement est impacté.

C'est pour cela que les autorités parlent d'une taxe carbone. Cette taxe augmentera significativement le coût de transport et aura donc pour objectif de diminuer le commerce international ou d'investir dans des transports plus vert. Ceci aura malheureusement un impact sur le consommateur final avec une offre de livraison différente à celle connue aujourd'hui.

Comment peut réagir le E-commerce face à cette hausse de coût de transport due à la taxe carbone? De plus, va-t-il survivre sur le marché international sur le long terme?

Afin de répondre à cette question, il faut avant tout savoir ce que les consommateurs sont prêt à accepter. En effet, il en va de soi que l'entreprise réagira en fonction du besoin réel du consommateur final.

Enfin, c'est pour cette raison que j'ai besoin de vous et de connaître vos exigences vis à vis du E-commerce afin d'évaluer les différentes possibilités qui s'offrent à ces entreprises nouvelles.

Je vous remercie d'avance de votre participation à ce sondage.

***Obligatoire**

Présentation

1. Je suis ... * *Une seule réponse possible.*

- ☐ un homme
☐ une femme

2. Dans quelle tranche d'âge situez-vous? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ < 25
☐ 26-35
☐ 36-50
☐ 51-70
☐ > 70

3. Avez-vous déjà acheté des articles/produits en ligne? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ Oui
☐ Non

Passer à la section 12 (Fin).

Aussi disponible en ligne via le QR-code suivant :



9. Pour quelles raisons préférez-vous acheter au magasin? * *Plusieurs réponses possibles.*

- ☐ Variété de produits
- ☐ Prix avantageux
- ☐ Gain de temps
- ☐ Fidélité
- ☐ Habitude
- ☐ Facilité
- ☐ Soucieux de l'environnement
- ☐ Indisponibilité en ligne
- ☐ Service après-vente (garantie, retour, remboursement, etc.)
- ☐ Réception du produit instantanément après l'achat

Autre : ☐ _____

10. Pour quelles raisons préférez-vous acheter en ligne? * *Plusieurs réponses possibles.*

- ☐ Variété de produits
- ☐ Prix avantageux
- ☐ Gain de temps
- ☐ Fidélité
- ☐ Habitude
- ☐ Facilité
- ☐ Soucieux de l'environnement
- ☐ Indisponibilité au magasin
- ☐ Service après-vente (garantie, retour, remboursement, etc.)
- ☐ Réception du produit rapidement après l'achat

Autre : ☐ _____

Mode de livraison

Lorsque nous parlons de commerce international, deux types de livraisons nous sont généralement proposés en ligne :

- 1 Livraison à domicile
- 2 Livraison au point relais proche de chez vous/au magasin

11. Avez-vous déjà opté pour une livraison au point relais le plus proche de chez vous/au magasin? *

Une seule réponse possible.

- ☐ Oui
- ☐ Non

12. Si oui, pour quelles raisons? *Plusieurs réponses possibles.*

- ☐ Gain de temps
- ☐ Soucieux de l'environnement
- ☐ Facilité
- ☐ Sécurité/Garantie
- ☐ Prix faible de livraison
- ☐ Livraison à domicile non disponible
- ☐ Absent lors de la livraison à domicile

Autre : ☐ _____

13. Si non, pour quelles raisons? *Plusieurs réponses possibles.*

- ☐ Gain de temps
- ☐ Soucieux de l'environnement
- ☐ Facilité
- ☐ Sécurité/Garantie
- ☐ Prix faible de livraison
- ☐ Livraison au point relais non disponible
- ☐ Toujours présent au domicile

Autre : ☐ _____

14. Le prix de livraison auquel je suis prêt à payer est en fonction ... * *Une seule réponse possible.*

- ☐ du prix de l'article [Passer à la question 15](#)
- ☐ du volume de l'article [Passer à la question 18](#)
- ☐ aucune des deux propositions précédentes, j'ai un prix fixe de livraison maximum [Passer à la question 21](#)
- ☐ Autre : _____

Prix de livraison en fonction du prix de l'article

15. Votre commande coûte 5 euros, combien êtes-vous prêt à payer maximum pour la livraison? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ Livraison gratuite
- ☐ < 2 euros
- ☐ 2-5 euros
- ☐ 6-8 euros
- ☐ 9-10 euros
- ☐ 11-15 euros
- ☐ 16-20 euros
- ☐ > 20 euros

16. Votre commande coûte 200 euros, combien êtes-vous prêt à payer maximum pour la livraison? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ Livraison gratuite
- ☐ < 2 euros
- ☐ 2-5 euros
- ☐ 6-8 euros
- ☐ 9-10 euros
- ☐ 11-15 euros
- ☐ 16-20 euros
- ☐ > 20 euros

17. Votre commande coûte 1000 euros, combien êtes-vous prêt à payer maximum pour la livraison? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ Livraison gratuite
- ☐ < 2 euros
- ☐ 2-5 euros
- ☐ 6-8 euros
- ☐ 9-10 euros
- ☐ 11-15 euros
- ☐ 16-20 euros
- ☐ > 20 euros

Passer à la question 22

Prix de livraison en fonction du volume de l'article

18. La commande que vous avez introduite entre dans une voiture, combien êtes-vous prêt à payer en livraison maximum? *Une seule réponse possible.*

- ☐ Livraison gratuite
- ☐ < 2 euros
- ☐ 2-5 euros
- ☐ 6-8 euros
- ☐ 9-10 euros
- ☐ 11-15 euros
- ☐ 16-20 euros
- ☐ > 20 euros

19. La commande que vous avez introduite entre dans une remorque/camionnette, combien êtes-vous prêt à payer en livraison maximum? *Une seule réponse possible.*

- ☐ Livraison gratuite
- ☐ < 2 euros
- ☐ 2-5 euros
- ☐ 6-8 euros
- ☐ 9-10 euros
- ☐ 11-15 euros
- ☐ 16-20 euros
- ☐ 21-30 euros
- ☐ > 30 euros

20. La commande que vous avez introduite entre seulement dans un camion (Ex: Salon), combien êtes-vous prêt à payer en livraison maximum? *Une seule réponse possible.*

- ☐ Livraison gratuite
- ☐ < 2 euros
- ☐ 2-5 euros
- ☐ 6-8 euros
- ☐ 9-10 euros
- ☐ 11-15 euros
- ☐ 16-20 euros
- ☐ 21-30 euros
- ☐ 31-50 euros
- ☐ 51-80 euros
- ☐ > 80 euros

Passer à la question 22

Prix de livraison fixe maximum

21. Combien êtes-vous prêt à payer au maximum? (en euros) *

Passer à la question 22

Livraison au point relais (prix)

Le prix peut influencer le choix de livraison (à domicile vs au point relais). Mais êtes-vous réellement sensible à la seconde option ?

22. Un point relais se situe à maximum 10 minutes de votre domicile. A combien de pourcentage moins cher du prix de livraison à domicile, la livraison au point relais serait intéressante? * *Une seule réponse possible.*

Exemple: Un point relais se situe à maximum 10 minutes de chez moi et j'ai le choix entre une livraison à domicile à 5 euros et une livraison au point relais. Je choisirai la livraison au point relais si le prix est au minimum 20% moins cher que 5 euros qui équivaut à 4 euros. Si la livraison au point relais est supérieure à 4 euros, je choisirai la livraison à domicile.

- ☐ 0% (Je préfère au point relais même si c'est le même prix)
- ☐ 1%-10% moins cher
- ☐ 11%-20% moins cher
- ☐ 21%-30% moins cher
- ☐ 31%-40% moins cher
- ☐ 41%-50% moins cher
- ☐ 51%-60% moins cher
- ☐ 61%-70% moins cher
- ☐ 80%-99% moins cher
- ☐ 100% (Je ne choisis jamais un point relais même si c'est gratuit)

Délai de livraison

Dans le cas où une taxe carbone venait à apparaître, le délai de livraison serait un point majeur sur lequel les entreprises pourraient réduire leurs coûts. En effet, le transport maritime est bien plus écologique que tout autre transport mais bien plus lent également. Êtes-vous prêt à faire des concessions par rapport au confort actuel?

23. Si l'entreprise décide de faire payer la taxe carbone au consommateur final sans modification de l'offre de livraison, que faites-vous? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ Si le prix est moins élevé ailleurs, j'achète ailleurs même si le délai de livraison est plus élevé.
- ☐ J'accepte la hausse de prix par fidélité/en soutien de l'entreprise et je continue à acheter.
- ☐ Je n'accepte pas la hausse de prix, ni une augmentation du délai de livraison. Je n'achète plus aussi loin.
- ☐ Autre : _____

24. La réponse à la question précédente a-t-elle été donnée en pensant écologie ou confort personnel? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ Ecologie
- ☐ Confort personnel
- ☐ Les deux

25. Quel est le délai de livraison maximum acceptable? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ 1-2 jours *Passer à la section 12 (Fin).*
- ☐ 3-4 jours *Passer à la section 12 (Fin).*
- ☐ 5-7 jours *Passer à la section 12 (Fin).*
- ☐ 1-2 semaines *Passer à la section 12 (Fin).*
- ☐ 2-3 semaines *Passer à la section 12 (Fin).*
- ☐ 3-4 semaines *Passer à la section 12 (Fin).*
- ☐ > d'un mois *Passer à la section 12 (Fin).*
- ☐ Cela dépend du produit que j'achète

Délai de livraison en fonction du produit

26. Quel est le délai de livraison maximum acceptable pour les vêtements? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ Je n'achète jamais en ligne et ne livre donc jamais
- ☐ 1-2 jours
- ☐ 3-4 jours
- ☐ 5-7 jours
- ☐ 1-2 semaines
- ☐ 2-3 semaines
- ☐ 3-4 semaines
- ☐ > d'un mois

27. Quel est le délai de livraison maximum acceptable pour les électro-ménagers? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ Je n'achète jamais en ligne et ne livre donc jamais
- ☐ 1-2 jours
- ☐ 3-4 jours
- ☐ 5-7 jours
- ☐ 1-2 semaines
- ☐ 2-3 semaines
- ☐ 3-4 semaines
- ☐ > d'un mois

28. Quel est le délai de livraison maximum acceptable pour les meubles? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ Je n'achète jamais en ligne et ne livre donc jamais
- ☐ 1-2 jours
- ☐ 3-4 jours
- ☐ 5-7 jours
- ☐ 1-2 semaines
- ☐ 2-3 semaines
- ☐ 3-4 semaines
- ☐ > d'un mois

29. Quel est le délai de livraison maximum acceptable pour les cadeaux? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ Je n'achète jamais en ligne et ne livre donc jamais
- ☐ 1-2 jours
- ☐ 3-4 jours
- ☐ 5-7 jours
- ☐ 1-2 semaines
- ☐ 2-3 semaines
- ☐ 3-4 semaines
- ☐ > d'un mois

30. Quel est le délai de livraison maximum acceptable pour les accessoires divers? * *Une seule réponse possible.*

- ☐ Je n'achète jamais en ligne et ne livre donc jamais
- ☐ 1-2 jours
- ☐ 3-4 jours
- ☐ 5-7 jours
- ☐ 1-2 semaines
- ☐ 2-3 semaines
- ☐ 3-4 semaines
- ☐ > d'un mois

Section 12. Fin

Le sondage est désormais terminé.
Merci beaucoup pour votre participation!

Annexe 27

Profit respectif au scénario n°1 par voie de tarification et par année.

Voie n°1 - 10€		Voie n°2 - 20€		Voie n°3 - 40€		Voie n°4 - 50€	
2021	574.770.776,01	2021	574.427.709,78	2021	573.741.577,32	2021	573.398.511,09
2022	671.977.179,81	2022	671.183.859,89	2022	669.569.451,18	2022	668.766.876,10
2023	758.283.378,43	2023	756.924.537,78	2023	754.206.861,51	2023	752.848.023,44
2024	833.573.454,15	2024	831.580.082,94	2024	827.593.344,67	2024	825.599.978,37
2025	898.065.841,50	2025	895.380.610,11	2025	890.010.152,43	2025	887.324.926,58
2026	951.550.729,18	2026	948.133.881,38	2026	941.300.193,19	2026	937.883.356,41
2027	994.231.377,21	2027	990.064.250,07	2027	981.730.010,37	2027	977.562.897,18
2028	1.026.008.383,54	2028	1.021.090.008,75	2028	1.011.253.283,43	2028	1.006.334.962,02
2029	1.046.991.359,38	2029	1.041.341.625,65	2029	1.030.042.187,05	2029	1.024.392.578,24
2030	1.057.138.904,90	2030	1.050.796.626,03	2030	1.038.112.136,79	2030	1.031.770.017,07

Voie n°5 - 70€		Voie n°6 - 90€		Voie n°7 - 100€	
2021	572.712.379,31	2021	572.026.248,25	2021	571.683.182,73
2022	667.161.725,95	2022	665.556.576,92	2022	664.754.003,29
2023	750.130.350,47	2023	747.412.680,32	2023	746.053.846,65
2024	821.613.249,68	2024	817.626.525,20	2024	815.633.192,37
2025	881.954.483,27	2025	876.584.131,08	2025	873.898.968,93
2026	931.049.743,12	2026	924.216.224,81	2026	920.799.468,79
2027	969.228.824,52	2027	960.894.796,71	2027	956.727.793,74
2028	996.498.468,96	2028	986.662.007,50	2028	981.743.796,55
2029	1.013.093.413,45	2029	1.001.794.301,99	2029	996.144.791,62
2030	1.019.085.812,34	2030	1.006.401.702,46	2030	1.000.059.699,36

Voie n°8 - 120€		Voie n°9 - 150€		Voie n°10 - 200€	
2021	570.997.051,67	2021	569.967.855,13	2021	568.252.529,63
2022	663.148.856,04	2022	660.741.138,94	2022	656.728.301,63
2023	743.336.179,32	2023	739.259.755,12	2023	732.465.742,21
2024	811.646.556,56	2024	805.666.608,86	2024	795.700.075,37
2025	868.528.650,66	2025	860.473.200,24	2025	847.047.577,63
2026	913.965.977,23	2026	903.715.804,90	2026	886.632.315,25
2027	948.393.814,45	2027	935.892.965,97	2027	915.058.318,38
2028	971.907.451,62	2028	957.152.983,21	2028	932.562.432,44
2029	984.845.820,54	2029	967.897.421,45	2029	939.650.369,14
2030	987.375.697,69	2030	968.349.850,43	2030	936.762.013,61

Tonnes de CO2 émises par voie de tarification du carbone respectif au scénario n°1.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	33.910,80	39.666,00	44.772,02	49.259,42	53.085,08
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	33.910,80	39.666,00	44.772,02	49.259,33	53.084,98
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	33.910,80	39.665,91	44.771,94	49.259,32	53.084,89
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	33.910,80	39.665,91	44.771,93	49.259,24	53.084,81
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	33.910,73	39.665,91	44.771,86	49.259,15	53.084,81
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	33.910,73	39.665,84	44.771,79	49.259,15	53.083,62
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	33.910,73	39.665,84	44.771,79	49.258,04	53.083,62
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	33.910,73	39.665,84	44.771,79	49.258,04	53.083,52
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	33.910,72	39.665,77	44.770,79	49.257,95	53.083,18
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	33.910,66	39.664,88	44.770,71	49.257,62	53.082,65

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	56.290,76	58.843,58	60.770,72	62.050,93	62.691,36
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	56.290,65	58.843,58	60.770,70	62.050,82	62.691,25
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	56.290,55	58.843,38	60.770,50	62.050,71	62.689,73
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	56.290,45	58.843,38	60.769,13	62.049,32	62.689,73
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	56.289,19	58.842,06	60.769,07	62.049,04	62.689,45
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	56.289,13	58.841,81	60.768,86	62.048,65	62.688,56
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	56.289,09	58.841,81	60.768,60	62.048,16	62.688,56
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	56.288,94	58.841,47	60.768,00	62.048,15	62.688,51
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	56.288,16	58.841,00	60.767,94	62.047,51	62.687,74
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	56.288,11	58.840,40	60.767,20	62.046,94	61.751,65

Annexe 28

Profit respectif au scénario n°2 par voie de tarification et par année.

Voie n°1 - 10€		Voie n°2 - 20€		Voie n°3 - 40€		Voie n°4 - 50€	
2021	533.462.107,19	2021	533.462.107,19	2021	533.462.107,19	2021	533.462.107,19
2022	575.361.687,54	2022	575.361.687,54	2022	575.361.683,30	2022	575.361.683,30
2023	594.643.069,14	2023	594.643.069,14	2023	594.643.064,90	2023	594.643.063,96
2024	593.596.037,73	2024	593.596.033,49	2024	593.596.032,56	2024	593.596.023,44
2025	574.610.795,07	2025	574.610.790,83	2025	574.610.780,78	2025	574.610.765,39
2026	540.062.594,14	2026	540.062.589,90	2026	540.062.579,92	2026	540.062.565,45
2027	492.371.336,57	2027	492.371.336,57	2027	492.371.315,46	2027	492.371.315,46
2028	433.738.279,32	2028	433.738.278,63	2028	433.738.259,21	2028	433.738.042,94
2029	366.715.328,93	2029	366.715.322,84	2029	366.715.313,05	2029	366.715.130,64
2030	293.466.462,19	2030	293.466.456,16	2030	293.466.299,76	2030	293.466.299,76

Voie n°5 - 70€		Voie n°6 - 90€		Voie n°7 - 100€	
2021	533.462.102,95	2021	533.462.102,95	2021	533.462.102,95
2022	575.361.683,30	2022	575.361.673,25	2022	575.361.673,25
2023	594.643.054,84	2023	594.643.039,45	2023	594.643.039,45
2024	593.596.008,05	2024	593.596.008,05	2024	593.595.713,15
2025	574.610.765,39	2025	574.610.479,20	2025	574.610.479,20
2026	540.062.296,70	2026	540.062.279,70	2026	540.062.263,67
2027	492.371.071,95	2027	492.370.997,69	2027	492.370.997,69
2028	433.738.029,03	2028	433.737.975,53	2028	433.737.891,37
2029	366.715.074,69	2029	366.714.966,49	2029	366.714.818,31
2030	293.466.252,06	2030	293.466.030,89	2030	293.466.030,89

Voie n°8 - 120€		Voie n°9 - 150€		Voie n°10 - 200€	
2021	533.462.102,95	2021	533.462.102,09	2021	533.462.092,97
2022	575.361.673,25	2022	575.361.657,86	2022	575.361.371,67
2023	594.643.039,45	2023	594.642.744,55	2023	594.642.709,98
2024	593.595.713,15	2024	593.595.678,58	2024	593.595.512,46
2025	574.610.444,63	2025	574.610.279,90	2025	574.609.990,13
2026	540.062.213,52	2026	540.061.832,42	2026	540.061.798,03
2027	492.370.865,77	2027	492.370.668,20	2027	492.370.294,17
2028	433.737.673,66	2028	433.737.646,15	2028	433.737.223,22
2029	366.714.813,98	2029	366.714.537,79	2029	366.714.217,00
2030	293.466.010,25	2030	293.465.714,40	2030	293.459.537,85

Tonnes de CO2 émises par voie de tarification du carbone respectif au scénario n°2.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	31.459,74	33.924,54	35.053,37	34.994,98	33.882,58
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	31.459,74	33.924,54	35.053,37	34.994,91	33.882,51
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	31.459,74	33.924,47	35.053,30	34.994,90	33.882,45
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	31.459,74	33.924,47	35.053,30	34.994,85	33.882,39
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	31.459,67	33.924,47	35.053,24	34.994,79	33.882,39
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	31.459,67	33.924,40	35.053,18	34.994,79	33.881,62
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	31.459,67	33.924,40	35.053,18	34.994,00	33.881,62
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	31.459,67	33.924,40	35.053,18	34.994,00	33.881,56
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	31.459,66	33.924,34	35.052,39	34.993,93	33.881,32
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	31.459,61	33.923,58	35.052,32	34.993,69	33.880,98

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	31.850,38	29.027,09	25.583,95	21.621,42	17.312,87
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	31.850,31	29.027,09	25.583,94	21.621,39	17.312,83
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	31.850,25	29.026,99	25.583,85	21.621,35	17.312,40
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	31.850,19	29.026,99	25.583,27	21.620,86	17.312,40
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	31.849,47	29.026,34	25.583,24	21.620,76	17.312,32
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	31.849,43	29.026,21	25.583,15	21.620,62	17.312,04
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	31.849,41	29.026,21	25.583,04	21.620,45	17.312,04
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	31.849,32	29.026,03	25.582,78	21.620,44	17.312,02
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	31.848,86	29.025,80	25.582,76	21.620,22	17.311,80
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	31.848,82	29.025,51	25.582,44	21.620,03	17.308,56

Annexe 29

Profit respectif au scénario n°3a par voie de tarification et par année.

Voie n°1 - 10€		Voie n°2 - 20€		Voie n°3 - 40€		Voie n°4 - 50€	
2021	618.226.167,20	2021	618.136.564,19	2021	617.957.358,18	2021	617.867.755,17
2022	723.406.770,83	2022	723.208.403,52	2022	722.783.898,37	2022	722.576.274,21
2023	816.679.222,49	2023	816.327.970,25	2023	815.625.465,78	2023	815.274.213,58
2024	898.174.806,10	2024	897.659.114,95	2024	896.627.732,79	2024	896.112.044,55
2025	968.101.226,11	2025	967.407.184,90	2025	966.019.105,51	2025	965.325.068,80
2026	1.026.236.619,50	2026	1.025.353.233,55	2026	1.023.586.468,95	2026	1.022.703.093,97
2027	1.072.750.774,74	2027	1.071.673.698,96	2027	1.069.519.561,99	2027	1.068.442.500,16
2028	1.107.549.978,72	2028	1.106.278.267,17	2028	1.103.734.868,33	2028	1.102.463.210,16
2029	1.130.707.003,49	2029	1.129.245.946,01	2029	1.126.323.859,90	2029	1.124.862.927,86
2030	1.142.187.889,75	2030	1.140.547.675,83	2030	1.137.267.316,50	2030	1.135.627.265,20

Voie n°5 - 70€		Voie n°6 - 90€		Voie n°7 - 100€	
2021	617.688.549,15	2021	617.509.343,13	2021	617.419.740,12
2022	722.161.025,90	2022	721.745.778,71	2022	721.538.156,00
2023	814.571.712,38	2023	813.869.213,98	2023	813.517.966,19
2024	895.080.671,98	2024	894.049.303,62	2024	893.533.648,84
2025	963.937.003,79	2025	962.549.030,33	2025	961.855.059,83
2026	1.020.936.404,26	2026	1.019.169.814,81	2026	1.018.286.523,79
2027	1.066.288.532,95	2027	1.064.134.615,67	2027	1.063.057.667,97
2028	1.099.920.050,40	2028	1.097.376.924,60	2028	1.096.105.385,10
2029	1.121.941.126,05	2029	1.119.019.383,21	2029	1.117.558.572,05
2030	1.132.347.202,17	2030	1.129.067.257,49	2030	1.127.427.354,29

Voie n°8 - 120€		Voie n°9 - 150€		Voie n°10 - 200€	
2021	617.240.534,10	2021	616.971.725,11	2021	616.523.712,19
2022	721.122.910,59	2022	720.500.046,25	2022	719.461.963,55
2023	812.815.470,61	2023	811.761.804,42	2023	810.005.727,31
2024	892.502.370,95	2024	890.955.463,03	2024	888.377.332,09
2025	960.467.124,85	2025	958.385.249,38	2025	954.915.627,74
2026	1.016.519.962,21	2026	1.013.870.205,80	2026	1.009.455.382,90
2027	1.060.903.809,91	2027	1.057.673.464,27	2027	1.052.291.616,61
2028	1.093.562.410,26	2028	1.089.749.382,35	2028	1.083.395.195,97
2029	1.114.637.534,90	2029	1.110.257.249,11	2029	1.102.957.925,10
2030	1.124.148.964,14	2030	1.119.231.670,46	2030	1.111.160.737,81

Tonnes de CO2 émises par voie de tarification du carbone respectif au scénario n°3a.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,20
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,20
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,11
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,73	12.317,29	13.261,02
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,67	12.317,20	13.261,02
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.317,20	13.259,78
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.316,09	13.259,78
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.316,05	13.259,69
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	8.564,47	9.918,22	11.184,55	12.315,95	13.259,35
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	8.564,41	9.917,33	11.184,47	12.315,46	13.258,53

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	14.066,28	14.699,99	15.187,43	15.510,09	15.670,71
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	14.066,28	14.699,99	15.187,41	15.509,98	15.670,60
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	14.066,19	14.699,79	15.187,21	15.509,87	15.669,08
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	14.066,09	14.699,79	15.185,84	15.508,41	15.669,02
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	14.064,83	14.698,42	15.185,72	15.508,14	15.668,74
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	14.064,72	14.698,16	15.185,52	15.507,55	15.667,66
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	14.064,67	14.698,16	15.185,06	15.507,06	15.667,49
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	14.064,53	14.697,64	15.184,38	15.499,76	15.660,10
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	14.063,57	14.690,30	15.177,14	15.498,86	15.659,22
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	14.056,81	14.689,46	15.176,28	15.489,41	14.714,12

Annexe 30

Des figures 12 et 13 nous avons comme information les délais requis pour l'ensemble des catégories d'une part et les délais requis pour la catégorie 3 en particulier.

Catégorie 1, 2 & 3 (100%)		Catégorie 3 (31,5%)	
< 1 semaine	61,71%	< 1 semaine	38,3%
< 2 semaines	25,04%	< 2 semaines	44,68%
< 3 semaines	7,37%	< 3 semaines	12,77%
> 3 semaines	5,88%	> 3 semaines	4,25%

De ces informations nous pouvons déduire les délais requis par la catégorie 1 et 2 ensemble :

$$100\% \times 61,71\% = 31,5\% \times 38,3\% + 68,5\% \times x\% \rightarrow x\% = 72,48\%$$

$$100\% \times 25,04\% = 31,5\% \times 44,68\% + 68,5\% \times x\% \rightarrow x\% = 16\%$$

$$100\% \times 7,37\% = 31,5\% \times 12,77\% + 68,5\% \times x\% \rightarrow x\% = 4,89\%$$

$$100\% \times 5,88\% = 31,5\% \times 4,25\% + 68,5\% \times x\% \rightarrow x\% = 6,63\%$$

Les délais que nous voulons assurer sur base de la catégorie 3 sont 38%, 45%, 13% et 4%. Le pourcentage de satisfaction de la clientèle par rapport à ces délais sont calculés ci-dessous.

$$\left(\frac{38\%}{38,3\%} \times 31,5\% + \frac{38\%}{72,48\%} \times 68,5\% \right) \times 61,71\% = 41,14\%$$

$$\left(\frac{44,68\%}{44,68\%} \times 31,5\% + \frac{25,04\%}{25,04\%} \times 68,5\% \right) \times 25,04\% = 25,04\%$$

$$\left(\frac{12,77\%}{12,77\%} \times 31,5\% + \frac{7,37\%}{7,37\%} \times 68,5\% \right) \times 7,37\% = 7,37\%$$

$$\left(\frac{4,25\%}{4,25\%} \times 31,5\% + \frac{5,88\%}{5,88\%} \times 68,5\% \right) \times 5,88\% = 5,88\%$$

Au total nous satisfaisons donc $41,14\% + 25,04\% + 7,37\% + 5,88\% = \mathbf{79,43\%}$.

Annexe 31

Profit respectif au scénario n°3b par voie de tarification et par année.

Voie n°1 - 10€		Voie n°2 - 20€		Voie n°3 - 40€		Voie n°4 - 50€	
2021	494.561.807,22	2021	494.514.737,80	2021	494.420.598,94	2021	494.373.529,52
2022	580.104.985,28	2022	580.003.737,42	2022	579.779.174,08	2022	579.670.570,35
2023	654.930.091,13	2023	654.746.315,77	2023	654.378.766,44	2023	654.195.042,91
2024	720.344.164,46	2024	720.074.522,85	2024	719.535.424,80	2024	719.266.290,50
2025	776.421.379,54	2025	776.058.246,87	2025	775.332.726,96	2025	774.970.278,01
2026	823.163.678,83	2026	822.701.844,36	2026	821.779.542,03	2026	821.318.580,20
2027	860.431.510,37	2027	859.867.823,53	2027	858.742.470,93	2027	858.180.130,99
2028	888.455.176,96	2028	887.790.457,61	2028	886.463.072,78	2028	885.801.256,40
2029	907.030.021,95	2029	906.266.489,04	2029	904.741.822,14	2029	903.982.121,84
2030	916.319.761,75	2030	915.463.043,04	2030	913.753.022,15	2030	912.900.401,14

Voie n°5 - 70€		Voie n°6 - 90€		Voie n°7 - 100€	
2021	494.279.390,67	2021	494.185.251,81	2021	494.138.182,39
2022	579.453.367,79	2022	579.236.509,16	2022	579.128.110,00
2023	653.828.184,12	2023	653.461.326,89	2023	653.277.900,70
2024	718.728.023,92	2024	718.190.253,00	2024	717.922.153,74
2025	774.245.643,13	2025	773.523.536,37	2025	773.162.525,93
2026	820.398.990,00	2026	819.481.528,70	2026	819.023.646,38
2027	857.059.218,11	2027	855.941.290,04	2027	855.383.041,11
2028	884.480.444,06	2028	883.163.123,70	2028	882.506.794,91
2029	902.465.866,94	2029	900.955.402,33	2029	900.201.799,14
2030	911.200.533,05	2030	909.508.032,12	2030	908.662.297,35

Voie n°8 - 120€		Voie n°9 - 150€		Voie n°10 - 200€	
2021	494.044.044,69	2021	493.902.876,17	2021	493.667.967,52
2022	578.911.311,68	2022	578.586.117,58	2022	578.045.353,88
2023	652.911.491,64	2023	652.363.333,94	2023	651.451.489,88
2024	717.385.978,96	2024	716.583.623,73	2024	715.250.299,60
2025	772.442.462,12	2025	771.364.142,01	2025	769.573.416,86
2026	818.108.987,80	2026	816.742.033,37	2026	814.466.303,62
2027	854.270.338,10	2027	852.602.627,05	2027	849.830.097,03
2028	881.195.199,51	2028	879.229.573,43	2028	875.961.980,55
2029	898.694.771,56	2029	896.440.065,86	2029	892.685.492,21
2030	906.972.489,20	2030	904.443.885,22	2030	900.230.969,04

Tonnes de CO2 émises par voie de tarification du carbone respectif au scénario n°3b.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	4.392,48	5.062,39	5.710,57	6.284,64	6.770,57
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	4.392,48	5.062,39	5.710,57	6.284,64	6.770,57
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	4.392,48	5.062,39	5.710,39	6.272,01	6.756,90
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	4.392,48	5.062,39	5.699,08	6.271,95	6.756,87
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	4.392,48	5.062,22	5.699,02	6.271,91	6.729,78
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	4.392,48	5.052,16	5.698,99	6.246,67	6.728,76
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	4.392,48	5.052,16	5.698,87	6.245,79	6.708,71
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	4.392,34	5.052,16	5.676,05	6.245,79	6.708,44
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	4.383,74	5.052,01	5.675,25	6.226,89	6.684,28
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	4.383,70	5.031,08	5.658,07	6.192,30	6.670,02

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	7.175,43	7.507,24	7.748,58	7.914,63	7.994,85
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	7.175,20	7.507,01	7.733,03	7.898,64	7.978,69
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	7.160,92	7.492,04	7.732,75	7.866,85	7.945,43
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	7.160,75	7.461,95	7.700,71	7.865,74	7.921,73
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	7.131,06	7.460,76	7.677,45	7.841,84	7.893,06
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	7.109,73	7.438,13	7.649,93	7.798,33	7.876,89
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	7.109,48	7.411,61	7.634,76	7.797,94	7.876,01
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	7.084,02	7.396,80	7.633,42	7.797,05	7.847,94
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	7.069,52	7.395,60	7.606,20	7.768,76	7.847,34
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	7.043,51	7.368,70	7.605,52	7.766,90	7.836,71

Annexe 32

Profit respectif à l'analyse n°1a par voie de tarification et par année.

Voie n°1 - 10€		Voie n°2 - 20€		Voie n°3 - 40€		Voie n°4 - 50€	
2021	624.924.542,47	2021	624.834.933,67	2021	624.655.716,07	2021	624.566.107,27
2022	731.240.339,93	2022	731.041.972,63	2022	730.617.434,47	2022	730.409.799,31
2023	825.524.084,86	2023	825.172.809,88	2023	824.470.259,94	2023	824.118.985,01
2024	907.903.868,41	2024	907.388.144,87	2024	906.356.697,94	2024	905.840.977,30
2025	978.588.099,25	2025	977.894.019,85	2025	976.505.864,11	2025	975.811.789,23
2026	1.037.352.968,17	2026	1.036.469.534,22	2026	1.034.702.673,63	2026	1.033.819.250,65
2027	1.084.377.788,20	2027	1.083.300.678,27	2027	1.081.146.472,99	2027	1.080.069.377,01
2028	1.119.550.703,54	2028	1.118.278.937,94	2028	1.115.735.431,01	2028	1.114.463.718,79
2029	1.142.956.190,25	2029	1.141.495.027,61	2029	1.138.572.731,18	2029	1.137.111.693,97
2030	1.154.571.731,59	2030	1.152.931.473,73	2030	1.149.651.026,51	2030	1.148.010.931,27

Voie n°5 - 70€		Voie n°6 - 90€		Voie n°7 - 100€	
2021	624.386.889,68	2021	624.207.672,08	2021	624.118.063,28
2022	729.994.529,00	2022	729.579.259,80	2022	729.371.626,10
2023	823.416.438,34	2023	822.713.894,48	2023	822.362.623,96
2024	904.809.539,96	2024	903.778.106,82	2024	903.262.419,65
2025	974.423.647,86	2025	973.035.598,05	2025	972.341.589,37
2026	1.032.052.464,96	2026	1.030.285.779,51	2026	1.029.402.440,50
2027	1.077.915.341,50	2027	1.075.761.355,91	2027	1.074.684.374,06
2028	1.111.920.450,94	2028	1.109.377.217,06	2028	1.108.105.623,50
2029	1.134.189.681,83	2029	1.131.267.728,67	2029	1.129.806.812,34
2030	1.144.730.780,36	2030	1.141.450.747,79	2030	1.139.810.800,65

Voie n°8 - 120€		Voie n°9 - 150€		Voie n°10 - 200€	
2021	623.938.845,69	2021	623.670.019,33	2021	623.221.977,48
2022	728.956.358,69	2022	728.333.461,34	2022	727.295.323,64
2023	821.660.082,92	2023	820.606.348,53	2023	818.850.157,75
2024	902.231.076,99	2024	900.684.071,91	2024	898.105.779,03
2025	970.953.578,04	2025	968.871.588,03	2025	965.401.775,51
2026	1.027.635.782,93	2026	1.024.985.882,53	2026	1.020.570.819,65
2027	1.072.530.447,70	2027	1.069.299.999,60	2027	1.063.917.981,18
2028	1.105.562.540,58	2028	1.101.749.350,53	2028	1.095.394.893,93
2029	1.126.885.564,87	2029	1.122.504.963,59	2029	1.115.205.113,76
2030	1.136.532.322,61	2030	1.131.614.897,09	2030	1.123.543.744,73

Tonnes de CO2 émises par voie de tarification du carbone respectif à l'analyse n°1a.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,20
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,20
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,11
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,73	12.317,29	13.261,02
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,67	12.317,20	13.261,02
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.317,20	13.259,78
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.316,09	13.259,78
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.316,05	13.259,69
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	8.564,47	9.918,22	11.184,55	12.315,95	13.259,35
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	8.564,41	9.917,33	11.184,47	12.315,46	13.258,53

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	14.066,28	14.699,99	15.187,43	15.510,09	15.670,71
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	14.066,28	14.699,99	15.187,41	15.509,98	15.670,60
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	14.066,19	14.699,79	15.187,21	15.509,87	15.669,08
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	14.066,09	14.699,79	15.185,84	15.508,41	15.669,02
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	14.064,83	14.698,42	15.185,72	15.508,14	15.668,74
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	14.064,72	14.698,16	15.185,52	15.507,55	15.667,66
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	14.064,67	14.698,16	15.185,06	15.507,06	15.667,49
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	14.064,53	14.697,64	15.184,38	15.499,76	15.660,10
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	14.063,57	14.690,30	15.177,14	15.498,86	15.659,22
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	14.056,81	14.689,46	15.176,28	15.489,41	14.714,12

Annexe 33

Profit respectif à l'analyse n°1b par voie de tarification et par année.

Voie n°1 - 10€		Voie n°2 - 20€		Voie n°3 - 40€		Voie n°4 - 50€	
2021	626.692.962,26	2021	626.605.850,82	2021	626.431.627,93	2021	626.344.516,49
2022	733.310.517,14	2022	733.112.149,83	2022	732.705.127,91	2022	732.503.331,49
2023	827.865.747,42	2023	827.524.365,16	2023	826.841.600,64	2023	826.500.218,43
2024	910.483.088,07	2024	909.981.872,52	2024	908.979.441,56	2024	908.478.228,91
2025	981.371.381,79	2025	980.696.844,70	2025	979.347.773,57	2025	978.673.240,99
2026	1.040.307.397,85	2026	1.039.448.821,78	2026	1.037.731.676,93	2026	1.036.873.111,83
2027	1.087.469.876,94	2027	1.086.423.076,63	2027	1.084.329.490,59	2027	1.083.282.704,23
2028	1.122.747.832,02	2028	1.121.511.832,63	2028	1.119.039.858,10	2028	1.117.803.912,08
2029	1.146.227.380,92	2029	1.144.807.329,87	2029	1.141.967.256,61	2029	1.140.547.330,98
2030	1.157.878.376,53	2030	1.156.284.228,91	2030	1.153.096.002,17	2030	1.151.502.017,17

Voie n°5 - 70€		Voie n°6 - 90€		Voie n°7 - 100€	
2021	626.170.293,60	2021	625.996.070,72	2021	625.908.959,27
2022	732.099.738,67	2022	731.696.146,96	2022	731.494.352,00
2023	825.817.457,19	2023	825.134.698,76	2023	824.793.320,95
2024	907.475.807,54	2024	906.473.390,37	2024	905.972.211,18
2025	977.324.184,23	2025	975.975.219,03	2025	975.300.752,66
2026	1.035.156.041,88	2026	1.033.439.072,18	2026	1.032.580.591,04
2027	1.081.189.287,95	2027	1.079.095.921,60	2027	1.078.049.249,36
2028	1.115.332.176,63	2028	1.112.860.475,15	2028	1.111.624.647,80
2029	1.137.707.542,02	2029	1.134.867.812,03	2029	1.133.448.007,29
2030	1.148.314.086,74	2030	1.145.126.274,65	2030	1.143.532.437,75

Voie n°8 - 120€		Voie n°9 - 150€		Voie n°10 - 200€	
2021	625.734.736,39	2021	625.473.402,09	2021	625.037.847,01
2022	731.090.762,08	2022	730.485.380,97	2022	729.476.436,99
2023	824.110.565,34	2023	823.086.509,10	2023	821.379.781,89
2024	904.969.884,49	2024	903.466.403,36	2024	900.960.650,41
2025	973.951.825,94	2025	971.928.462,85	2025	968.556.361,85
2026	1.030.863.649,22	2026	1.028.288.322,43	2026	1.023.997.548,92
2027	1.075.955.942,24	2027	1.072.816.422,99	2027	1.067.585.952,66
2028	1.109.153.097,28	2028	1.105.447.205,83	2028	1.099.271.580,24
2029	1.130.608.982,99	2029	1.126.351.716,47	2029	1.119.257.424,57
2030	1.140.346.180,19	2030	1.135.567.085,40	2030	1.127.726.484,24

Tonnes de CO2 émises par voie de tarification du carbone respectif à l'analyse n°1b.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,20
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,20
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,11
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,73	12.317,29	13.261,02
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,67	12.317,20	13.261,02
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.317,20	13.259,78
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.316,09	13.259,78
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.316,05	13.259,69
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	8.564,47	9.918,22	11.184,55	12.315,95	13.259,35
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	8.564,41	9.917,33	11.184,47	12.315,46	13.258,53

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	14.066,28	14.699,99	15.187,43	15.510,09	15.670,71
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	14.066,28	14.699,99	15.187,41	15.509,98	15.670,60
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	14.066,19	14.699,79	15.187,21	15.509,87	15.669,08
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	14.066,09	14.699,79	15.185,84	15.508,41	15.669,02
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	14.064,83	14.698,42	15.185,72	15.508,14	15.668,74
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	14.064,72	14.698,16	15.185,52	15.507,55	15.667,66
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	14.064,67	14.698,16	15.185,06	15.507,06	15.667,49
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	14.064,53	14.697,64	15.184,38	15.499,76	15.660,10
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	14.063,57	14.690,30	15.177,14	15.498,86	15.659,22
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	14.056,81	14.689,46	15.176,28	15.489,41	14.714,12

Annexe 34

Profit respectif à l'analyse n°1c par voie de tarification et par année.

Voie n°1 - 10€		Voie n°2 - 20€		Voie n°3 - 40€		Voie n°4 - 50€	
2021	623.359.510,62	2021	623.272.401,32	2021	623.098.182,71	2021	623.011.073,41
2022	729.412.134,67	2022	729.213.767,36	2022	728.806.757,65	2022	728.604.965,31
2023	823.464.092,86	2023	823.122.719,02	2023	822.439.971,33	2023	822.098.597,52
2024	905.641.409,56	2024	905.140.205,99	2024	904.137.799,00	2024	903.636.598,33
2025	976.152.577,31	2025	975.478.054,35	2025	974.129.011,47	2025	973.454.493,02
2026	1.034.775.333,18	2026	1.033.916.774,86	2026	1.032.199.665,53	2026	1.031.341.118,18
2027	1.081.683.680,82	2027	1.080.636.893,15	2027	1.078.543.332,38	2027	1.077.496.558,66
2028	1.116.775.655,89	2028	1.115.539.676,50	2028	1.113.067.741,96	2028	1.111.831.815,94
2029	1.140.131.551,72	2029	1.138.711.539,57	2029	1.135.871.544,14	2029	1.134.451.657,42
2030	1.151.715.542,85	2030	1.150.121.411,49	2030	1.146.933.217,27	2030	1.145.339.248,52

Voie n°5 - 70€		Voie n°6 - 90€		Voie n°7 - 100€	
2021	622.836.854,81	2021	622.662.636,20	2021	622.575.526,90
2022	728.201.380,63	2022	727.797.797,06	2022	727.596.006,17
2023	821.415.853,11	2023	820.733.111,50	2023	820.391.742,10
2024	902.634.200,92	2024	901.631.807,72	2024	901.130.640,52
2025	972.105.464,51	2025	970.756.527,56	2025	970.082.075,31
2026	1.029.624.083,75	2026	1.027.907.149,57	2026	1.027.048.686,18
2027	1.075.403.167,65	2027	1.073.309.826,57	2027	1.072.263.166,97
2028	1.109.360.120,49	2028	1.106.888.459,00	2028	1.105.652.651,64
2029	1.131.611.946,28	2029	1.128.772.294,11	2029	1.127.352.528,28
2030	1.142.151.350,61	2030	1.138.963.571,04	2030	1.137.369.750,40

Voie n°8 - 120€		Voie n°9 - 150€		Voie n°10 - 200€	
2021	622.401.308,30	2021	622.139.980,43	2021	621.704.436,06
2022	727.192.424,39	2022	726.587.055,48	2022	725.578.131,85
2023	819.709.003,31	2023	818.684.972,30	2023	816.978.287,15
2024	900.128.337,80	2024	898.624.892,62	2024	896.119.199,59
2025	968.733.176,84	2025	966.709.856,13	2025	963.337.825,76
2026	1.025.331.779,88	2026	1.022.756.506,37	2026	1.018.465.821,65
2027	1.070.169.885,13	2027	1.067.030.403,79	2027	1.061.799.996,64
2028	1.103.181.141,12	2028	1.099.475.309,66	2028	1.093.299.784,05
2029	1.124.513.581,80	2029	1.120.256.432,01	2029	1.113.162.334,66
2030	1.134.183.525,36	2030	1.129.404.479,35	2030	1.121.563.959,49

Tonnes de CO₂ émises par voie de tarification du carbone respectif à l'analyse n°1c.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO ₂	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,20
Voie n°2 - 20€/tonneCO ₂	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,20
Voie n°3 - 40€/tonneCO ₂	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,11
Voie n°4 - 50€/tonneCO ₂	8.564,47	9.918,37	11.185,73	12.317,29	13.261,02
Voie n°5 - 70€/tonneCO ₂	8.564,47	9.918,37	11.185,67	12.317,20	13.261,02
Voie n°6 - 90€/tonneCO ₂	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.317,20	13.259,78
Voie n°7 - 100€/tonneCO ₂	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.316,09	13.259,78
Voie n°8 - 120€/tonneCO ₂	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.316,05	13.259,69
Voie n°9 - 150€/tonneCO ₂	8.564,47	9.918,22	11.184,55	12.315,95	13.259,35
Voie n°10 - 200€/tonneCO ₂	8.564,41	9.917,33	11.184,47	12.315,46	13.258,53

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO ₂	14.066,28	14.699,99	15.187,43	15.510,09	15.670,71
Voie n°2 - 20€/tonneCO ₂	14.066,28	14.699,99	15.187,41	15.509,98	15.670,60
Voie n°3 - 40€/tonneCO ₂	14.066,19	14.699,79	15.187,21	15.509,87	15.669,08
Voie n°4 - 50€/tonneCO ₂	14.066,09	14.699,79	15.185,84	15.508,41	15.669,02
Voie n°5 - 70€/tonneCO ₂	14.064,83	14.698,42	15.185,72	15.508,14	15.668,74
Voie n°6 - 90€/tonneCO ₂	14.064,72	14.698,16	15.185,52	15.507,55	15.667,66
Voie n°7 - 100€/tonneCO ₂	14.064,67	14.698,16	15.185,06	15.507,06	15.667,49
Voie n°8 - 120€/tonneCO ₂	14.064,53	14.697,64	15.184,38	15.499,76	15.660,10
Voie n°9 - 150€/tonneCO ₂	14.063,57	14.690,30	15.177,14	15.498,86	15.659,22
Voie n°10 - 200€/tonneCO ₂	14.056,81	14.689,46	15.176,28	15.489,41	14.714,12

Annexe 35

Profit respectif à l'analyse n°1d par voie de tarification et par année.

Voie n°1 - 10€		Voie n°2 - 20€		Voie n°3 - 40€		Voie n°4 - 50€	
2021	619.913.167,17	2021	619.828.784,22	2021	619.660.018,34	2021	619.575.635,39
2022	725.382.065,44	2022	725.195.891,88	2022	724.795.774,24	2022	724.600.343,84
2023	818.901.701,16	2023	818.570.974,75	2023	817.909.521,95	2023	817.578.796,37
2024	900.640.985,60	2024	900.155.553,25	2024	899.184.690,05	2024	898.699.260,48
2025	970.749.189,25	2025	970.095.638,77	2025	968.788.542,06	2025	968.134.995,14
2026	1.029.062.406,13	2026	1.028.230.721,04	2026	1.026.567.358,51	2026	1.025.735.679,41
2027	1.075.705.868,35	2027	1.074.691.685,78	2027	1.072.663.330,50	2027	1.071.649.155,09
2028	1.110.620.994,54	2028	1.109.423.725,47	2028	1.107.029.199,73	2028	1.105.831.939,45
2029	1.133.855.954,16	2029	1.132.480.496,12	2029	1.129.729.592,60	2029	1.128.354.143,59
2030	1.145.379.070,56	2030	1.143.834.964,08	2030	1.140.746.764,05	2030	1.139.202.666,63

Voie n°5 - 70€		Voie n°6 - 90€		Voie n°7 - 100€	
2021	619.406.869,51	2021	619.238.103,62	2021	619.153.720,68
2022	724.209.483,49	2022	723.818.624,50	2022	723.623.195,21
2023	816.917.346,87	2023	816.255.897,90	2023	815.925.173,97
2024	897.728.402,02	2024	896.757.545,35	2024	896.272.117,45
2025	966.827.903,75	2025	965.520.813,90	2025	964.867.269,26
2026	1.024.072.323,28	2026	1.022.408.968,43	2026	1.021.577.291,13
2027	1.069.620.806,49	2027	1.067.592.458,65	2027	1.066.578.294,59
2028	1.103.437.420,58	2028	1.101.042.916,52	2028	1.099.845.674,14
2029	1.125.603.247,03	2029	1.122.852.384,48	2029	1.121.476.998,82
2030	1.136.114.483,20	2030	1.133.026.376,69	2030	1.131.482.397,98

Voie n°8 - 120€		Voie n°9 - 150€		Voie n°10 - 200€	
2021	618.984.954,79	2021	618.731.806,67	2021	618.309.894,27
2022	723.232.336,64	2022	722.646.049,86	2022	721.668.906,42
2023	815.263.726,27	2023	814.271.555,47	2023	812.617.938,28
2024	895.301.261,82	2024	893.844.978,89	2024	891.417.866,15
2025	963.560.180,05	2025	961.599.564,27	2025	958.332.005,72
2026	1.019.913.949,77	2026	1.017.418.991,99	2026	1.013.261.009,69
2027	1.064.549.980,78	2027	1.061.507.683,99	2027	1.056.437.427,96
2028	1.097.451.279,35	2028	1.093.859.881,56	2028	1.087.874.410,97
2029	1.118.726.337,69	2029	1.114.600.489,43	2029	1.107.724.342,72
2030	1.128.394.538,93	2030	1.123.762.864,45	2030	1.116.164.397,71

Tonnes de CO2 émises par voie de tarification du carbone respectif à l'analyse n°1d.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	8.042,47	9.308,68	10.501,55	11.560,90	12.451,38
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	8.042,47	9.308,68	10.501,55	11.560,90	12.451,38
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	8.042,47	9.308,68	10.501,55	11.560,84	12.451,31
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	8.042,47	9.308,68	10.501,51	11.560,84	12.451,30
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	8.042,47	9.308,65	10.501,49	11.560,81	12.451,27
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	8.042,47	9.308,62	10.501,48	11.560,79	12.451,27
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	8.042,47	9.308,62	10.501,46	11.560,79	12.451,27
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	8.042,47	9.308,62	10.501,45	11.560,79	12.451,27
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	8.042,44	9.308,60	10.501,45	11.560,79	12.451,08
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	8.042,42	9.308,59	10.501,45	11.560,62	12.450,07

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	13.204,60	13.801,53	14.256,91	14.559,00	14.709,65
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	13.204,60	13.801,48	14.256,83	14.558,92	14.709,56
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	13.204,53	13.801,42	14.256,79	14.558,86	14.709,51
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	13.204,49	13.801,40	14.256,78	14.558,86	14.709,50
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	13.204,48	13.801,39	14.256,77	14.558,85	14.709,28
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	13.204,47	13.801,39	14.256,56	14.558,64	14.708,55
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	13.204,47	13.801,19	14.256,56	14.557,92	14.708,09
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	13.204,28	13.800,78	14.255,40	14.557,14	14.707,69
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	13.203,62	13.800,07	14.255,01	14.556,92	14.707,26
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	13.202,86	13.799,33	14.254,12	14.556,13	13.782,19

Annexe 36

Profit respectif à l'analyse n°2a par voie de tarification et par année.

Voie n° 1 - 10€		Voie n° 2 - 20€		Voie n° 3 - 40€		Voie n° 4 - 50€	
2021	624.973.055,64	2021	624.885.190,17	2021	624.709.459,22	2021	624.621.593,75
2022	731.039.218,30	2022	730.843.039,16	2022	730.422.910,34	2022	730.217.474,36
2023	825.313.406,22	2023	824.965.884,51	2023	824.270.841,09	2023	823.923.319,43
2024	907.674.351,30	2024	907.164.092,82	2024	906.143.576,00	2024	905.633.320,42
2025	978.338.171,46	2025	977.651.481,96	2025	976.278.106,02	2025	975.591.421,03
2026	1.037.106.288,97	2026	1.036.232.246,89	2026	1.034.484.170,05	2026	1.033.610.138,94
2027	1.084.122.637,20	2027	1.083.056.984,98	2027	1.080.925.695,10	2027	1.079.860.056,82
2028	1.119.288.930,77	2028	1.118.030.641,12	2028	1.115.514.086,06	2028	1.114.255.849,78
2029	1.142.681.560,05	2029	1.141.235.879,24	2029	1.138.344.546,49	2029	1.136.898.991,11
2030	1.154.297.388,92	2030	1.152.674.472,73	2030	1.149.428.708,86	2030	1.147.805.955,29

Voie n° 5 - 70€		Voie n° 6 - 90€		Voie n° 7 - 100€	
2021	624.445.862,80	2021	624.270.131,85	2021	624.182.266,38
2022	729.806.602,39	2022	729.395.731,53	2022	729.190.297,00
2023	823.228.279,29	2023	822.533.241,95	2023	822.185.724,69
2024	904.612.813,19	2024	903.592.310,16	2024	903.082.088,05
2025	974.218.059,47	2025	972.844.789,45	2025	972.158.170,67
2026	1.031.862.137,00	2026	1.030.114.235,30	2026	1.029.240.288,14
2027	1.077.728.936,71	2027	1.075.597.866,48	2027	1.074.532.342,25
2028	1.111.739.533,81	2028	1.109.223.251,64	2028	1.107.965.133,76
2029	1.134.007.942,59	2029	1.131.116.952,69	2029	1.129.671.517,75
2030	1.144.560.487,59	2030	1.141.315.137,59	2030	1.139.692.531,48

Voie n° 8 - 120€		Voie n° 9 - 150€		Voie n° 10 - 200€	
2021	624.006.535,43	2021	623.742.939,04	2021	623.303.613,81
2022	728.779.427,93	2022	728.163.128,09	2022	727.135.986,24
2023	821.490.690,18	2023	820.448.215,58	2023	818.710.791,10
2024	902.061.675,50	2024	900.531.065,56	2024	897.980.097,65
2025	970.784.939,12	2025	968.725.118,66	2025	965.292.254,59
2026	1.027.492.414,20	2026	1.024.870.688,75	2026	1.020.501.381,15
2027	1.072.401.330,87	2027	1.069.204.975,37	2027	1.063.877.966,85
2028	1.105.449.001,84	2028	1.101.674.942,51	2028	1.095.385.175,61
2029	1.126.780.731,92	2029	1.122.444.720,39	2029	1.115.219.185,22
2030	1.136.447.396,29	2030	1.131.579.910,52	2030	1.123.471.309,57

Tonnes de CO2 émises par voie de tarification du carbone respectif à l'analyse n°2a.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	8.390,72	9.808,96	11.061,39	12.181,56	13.114,16
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	8.390,72	9.808,96	11.061,39	12.181,56	13.114,16
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	8.390,72	9.808,96	11.061,39	12.181,55	13.114,08
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	8.390,72	9.808,96	11.061,38	12.181,47	13.113,99
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	8.390,72	9.808,96	11.061,32	12.181,38	13.113,99
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	8.390,72	9.808,88	11.061,24	12.181,38	13.112,75
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	8.390,72	9.808,88	11.061,24	12.180,28	13.112,75
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	8.390,72	9.808,88	11.061,24	12.180,23	13.112,66
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	8.390,71	9.808,81	11.060,20	12.180,14	13.112,31
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	8.390,66	9.807,92	11.060,12	12.179,65	13.111,50

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	13.910,55	14.536,80	15.019,65	15.339,24	15.497,73
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	13.910,55	14.536,80	15.019,64	15.339,13	15.497,62
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	13.910,46	14.536,60	15.019,43	15.339,01	15.496,10
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	13.910,36	14.536,60	15.018,07	15.337,56	15.496,04
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	13.909,09	14.535,22	15.017,95	15.337,29	15.495,77
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	13.908,99	14.534,97	15.017,74	15.336,70	15.494,68
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	13.908,94	14.534,97	15.017,29	15.336,21	15.494,52
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	13.908,80	14.534,45	15.016,62	15.335,78	15.494,07
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	13.907,84	14.533,62	15.016,09	15.334,88	15.493,19
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	13.907,32	14.532,78	15.015,23	15.325,43	15.472,59

Annexe 37

Profit respectif à l'analyse n°2b par voie de tarification et par année.

Voie n° 1 - 10€		Voie n° 2 - 20€		Voie n° 3 - 40€		Voie n° 4 - 50€	
2021	617.905.689,20	2021	617.815.060,28	2021	617.633.802,45	2021	617.543.173,53
2022	723.022.288,63	2022	723.063.632,65	2022	723.241.863,99	2022	722.799.870,31
2023	816.246.504,31	2023	816.158.499,45	2023	816.137.494,47	2023	815.522.774,98
2024	897.705.322,72	2024	897.482.038,18	2024	897.204.203,73	2024	896.394.850,56
2025	967.593.222,41	2025	967.208.652,35	2025	966.634.591,04	2025	965.623.736,44
2026	1.025.720.201,70	2026	1.025.169.708,28	2026	1.024.271.636,98	2026	1.023.047.881,62
2027	1.072.190.001,70	2027	1.071.456.568,07	2027	1.070.212.755,29	2027	1.068.778.400,58
2028	1.106.627.761,22	2028	1.105.715.938,49	2028	1.104.116.582,62	2028	1.102.469.456,50
2029	1.130.134.890,14	2029	1.129.040.105,94	2029	1.127.088.044,06	2029	1.125.243.110,94
2030	1.141.604.848,71	2030	1.140.333.014,19	2030	1.138.036.388,49	2030	1.136.005.989,82

Voie n° 5 - 70€		Voie n° 6 - 90€		Voie n° 7 - 100€	
2021	617.361.915,69	2021	617.180.657,86	2021	617.090.028,94
2022	722.184.606,71	2022	722.250.653,88	2022	723.027.745,22
2023	814.595.815,98	2023	814.444.432,55	2023	815.220.833,14
2024	895.112.005,85	2024	894.686.412,86	2024	895.418.982,53
2025	963.964.174,14	2025	963.226.852,40	2025	963.886.137,11
2026	1.020.988.394,09	2026	1.019.922.450,78	2026	1.020.493.014,05
2027	1.066.316.361,92	2027	1.064.901.887,23	2027	1.065.362.503,01
2028	1.099.599.886,03	2028	1.097.817.857,76	2028	1.098.141.943,94
2029	1.121.988.394,58	2029	1.119.843.340,93	2029	1.120.021.070,43
2030	1.132.386.780,35	2030	1.129.903.136,50	2030	1.129.940.792,43

Voie n° 8 - 120€		Voie n° 9 - 150€		Voie n° 10 - 200€	
2021	616.908.771,11	2021	616.636.884,40	2021	616.183.741,95
2022	728.435.572,82	2022	726.834.464,76	2022	725.649.902,45
2023	821.207.271,02	2023	819.060.883,63	2023	817.207.350,51
2024	901.864.785,53	2024	899.137.110,69	2024	896.531.707,01
2025	970.690.794,82	2025	967.360.597,62	2025	963.951.025,06
2026	1.027.549.904,25	2026	1.023.591.803,97	2026	1.019.324.092,35
2027	1.072.579.854,77	2027	1.067.998.504,50	2027	1.062.858.966,27
2028	1.105.419.792,50	2028	1.100.236.006,74	2028	1.094.226.877,38
2029	1.127.283.470,54	2029	1.121.537.150,65	2029	1.114.701.860,78
2030	1.137.106.680,38	2030	1.130.824.752,32	2030	1.123.194.052,83

Tonnes de CO2 émises par voie de tarification du carbone respectif à l'analyse n°2b.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	8.669,14	10.080,20	11.370,64	12.520,77	13.481,79
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	8.669,14	10.024,02	11.308,89	12.451,98	13.408,83
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	8.669,14	9.907,45	11.177,71	12.307,45	13.253,26
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	8.669,14	9.944,34	11.218,93	12.352,94	13.301,99
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	8.669,14	9.965,63	11.242,65	12.379,15	13.330,16
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	8.669,14	9.912,59	11.182,17	12.313,22	13.258,04
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	8.669,14	9.808,21	11.063,26	12.182,09	13.117,86
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	8.669,14	9.010,09	10.161,69	11.190,69	12.049,06
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	8.669,13	9.102,56	10.265,82	11.305,78	12.172,86
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	8.669,07	8.997,42	10.148,62	11.176,06	12.032,62

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	14.296,33	14.944,82	15.439,16	15.764,37	15.927,86
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	14.217,71	14.863,42	15.353,48	15.677,21	15.840,00
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	14.052,45	14.690,75	15.174,77	15.494,93	15.654,49
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	14.104,43	14.744,99	15.229,83	15.550,99	15.712,47
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	14.133,22	14.774,92	15.262,26	15.583,94	15.745,74
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	14.057,94	14.695,82	15.181,42	15.501,57	15.661,62
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	13.909,60	14.540,17	15.021,64	15.338,52	15.496,83
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	12.776,45	13.355,11	13.798,11	14.082,93	14.227,98
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	12.907,10	13.485,49	13.932,35	14.226,17	14.373,08
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	12.752,42	13.330,30	13.771,41	14.053,11	14.187,54

Annexe 38

Profit respectif à l'analyse n°3 par voie de tarification et par année.

Voie n°1 - 10€		Voie n°2 - 20€		Voie n°3 - 40€		Voie n°4 - 50€	
2021	598.501.604,00	2021	598.415.015,80	2021	598.241.839,40	2021	598.155.251,20
2022	667.800.623,93	2022	667.616.133,50	2022	667.221.826,78	2022	667.028.894,40
2023	717.354.657,24	2023	717.043.414,41	2023	716.420.928,74	2023	716.109.686,07
2024	748.895.357,47	2024	748.462.240,75	2024	747.596.007,76	2024	747.162.897,63
2025	763.914.997,64	2025	763.362.679,78	2025	762.258.051,22	2025	761.705.743,60
2026	764.004.641,38	2026	763.341.722,50	2026	762.015.899,69	2026	761.353.002,81
2027	750.746.286,68	2027	749.986.555,03	2027	748.467.119,99	2027	747.707.414,30
2028	725.645.393,89	2028	724.805.637,10	2028	723.126.165,27	2028	722.286.477,67
2029	690.360.685,33	2029	689.462.192,30	2029	687.665.250,42	2029	686.766.895,34
2030	646.371.337,07	2030	645.436.216,77	2030	643.566.057,02	2030	642.631.100,97

Voie n°5 - 70€		Voie n°6 - 90€		Voie n°7 - 100€	
2021	597.982.074,80	2021	597.808.898,39	2021	597.722.310,19
2022	666.643.029,63	2022	666.257.167,60	2022	666.064.238,48
2023	715.487.209,19	2023	714.864.739,11	2023	714.553.507,40
2024	746.296.685,40	2024	745.430.481,64	2024	744.997.421,07
2025	760.601.146,98	2025	759.496.672,31	2025	758.944.457,21
2026	760.027.285,82	2026	758.701.696,76	2026	758.038.907,12
2027	746.188.187,17	2027	744.669.022,09	2027	743.909.454,13
2028	720.607.276,34	2028	718.928.115,64	2028	718.088.550,35
2029	684.970.253,35	2029	683.173.663,57	2029	682.275.390,21
2030	640.761.232,41	2030	638.891.424,55	2030	637.956.531,79

Voie n°8 - 120€		Voie n°9 - 150€		Voie n°10 - 200€	
2021	597.549.133,79	2021	597.289.369,32	2021	596.856.434,05
2022	665.678.380,24	2022	665.099.601,30	2022	664.135.008,58
2023	713.931.043,98	2023	712.997.462,98	2023	711.441.547,25
2024	744.131.343,95	2024	742.832.242,62	2024	740.667.135,91
2025	757.840.036,85	2025	756.183.444,00	2025	753.422.533,88
2026	756.713.357,28	2026	754.725.077,38	2026	751.411.369,88
2027	742.390.341,37	2027	740.111.716,05	2027	736.314.167,40
2028	716.409.451,61	2028	713.890.868,01	2028	709.693.441,61
2029	680.478.860,48	2029	677.784.153,33	2029	673.293.308,95
2030	636.086.800,68	2030	633.282.304,82	2030	628.608.686,69

Tonnes de CO2 émises par voie de tarification du carbone respectif à l'analyse n°3.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	8.280,53	9.224,52	9.921,41	10.354,43	10.563,19
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	8.280,53	9.224,52	9.921,41	10.354,43	10.563,19
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	8.280,53	9.224,52	9.921,41	10.354,40	10.562,99
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	8.280,53	9.224,52	9.921,38	10.354,24	10.562,79
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	8.280,53	9.224,52	9.921,22	10.354,06	10.562,79
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	8.280,53	9.224,36	9.921,04	10.354,06	10.561,13
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	8.280,53	9.224,36	9.921,04	10.352,52	10.561,13
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	8.280,53	9.224,36	9.921,04	10.352,43	10.561,03
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	8.280,51	9.224,20	9.919,48	10.352,34	10.560,71
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	8.280,37	9.222,82	9.919,39	10.351,76	10.560,37

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	10.565,39	10.378,56	10.037,93	9.546,56	8.942,24
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	10.565,39	10.378,56	10.037,90	9.546,40	8.942,08
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	10.565,20	10.378,19	10.037,56	9.546,22	8.940,58
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	10.565,00	10.378,19	10.036,07	9.544,72	8.940,51
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	10.563,43	10.376,56	10.035,89	9.544,40	8.940,21
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	10.563,24	10.376,22	10.035,65	9.544,09	8.939,92
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	10.563,24	10.376,22	10.035,33	9.544,09	8.939,85
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	10.562,99	10.375,89	10.035,33	9.543,81	8.939,53
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	10.562,65	10.375,59	10.034,89	9.543,44	8.939,00
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	10.562,21	10.375,14	10.034,27	9.542,03	8.937,25

Annexe 39

Profit respectif à l'analyse n°4 par voie de tarification et par année.

Voie n°1 - 10€		Voie n°2 - 20€		Voie n°3 - 40€		Voie n°4 - 50€	
2021	627.305.763,59	2021	627.218.642,94	2021	627.044.401,64	2021	626.957.280,99
2022	734.190.623,49	2022	733.988.918,61	2022	733.585.508,85	2022	733.383.803,96
2023	828.765.898,58	2023	828.424.130,49	2023	827.740.594,30	2023	827.398.826,25
2024	911.550.298,99	2024	911.048.519,85	2024	910.044.961,71	2024	909.543.185,47
2025	982.574.440,20	2025	981.899.411,56	2025	980.549.357,32	2025	979.874.333,18
2026	1.041.627.655,65	2026	1.040.768.742,19	2026	1.039.050.922,61	2026	1.038.192.020,13
2027	1.088.779.319,04	2027	1.087.732.827,71	2027	1.085.639.859,61	2027	1.084.558.398,40
2028	1.124.248.410,01	2028	1.123.012.614,37	2028	1.120.541.047,36	2028	1.121.106.677,11
2029	1.147.791.846,58	2029	1.146.372.477,02	2029	1.143.533.766,74	2029	1.142.114.522,61
2030	1.159.470.560,36	2030	1.157.877.391,57	2030	1.154.691.122,51	2030	1.153.098.116,34

Voie n°5 - 70€		Voie n°6 - 90€		Voie n°7 - 100€	
2021	626.783.039,69	2021	626.608.798,39	2021	626.521.677,74
2022	732.980.394,20	2022	732.576.985,55	2022	732.375.282,12
2023	826.715.293,35	2023	826.031.763,24	2023	825.689.999,60
2024	908.539.636,92	2024	907.536.092,57	2024	907.034.349,80
2025	978.524.293,32	2025	977.174.345,00	2025	976.499.387,08
2026	1.036.474.275,43	2026	1.034.756.630,99	2026	1.033.897.812,48
2027	1.082.413.124,34	2027	1.080.705.198,00	2027	1.079.676.326,65
2028	1.116.833.977,16	2028	1.114.362.683,18	2028	1.113.127.059,59
2029	1.139.276.096,63	2029	1.136.437.729,62	2029	1.135.018.606,37
2030	1.149.912.143,59	2030	1.146.726.289,18	2030	1.145.133.431,11

Voie n°8 - 120€		Voie n°9 - 150€		Voie n°10 - 200€	
2021	626.347.436,45	2021	626.086.074,54	2021	625.650.473,43
2022	731.971.875,25	2022	731.366.768,73	2022	730.358.282,39
2023	825.006.472,32	2023	823.981.258,57	2023	822.272.602,19
2024	906.030.895,93	2024	904.525.724,03	2024	902.017.153,13
2025	975.149.477,24	2025	973.124.639,49	2025	969.750.080,72
2026	1.032.180.195,91	2026	1.029.603.857,01	2026	1.025.311.396,64
2027	1.077.618.621,31	2027	1.074.532.504,72	2027	1.069.391.038,82
2028	1.110.655.916,58	2028	1.106.950.636,40	2028	1.100.776.029,58
2029	1.132.180.945,05	2029	1.127.925.723,00	2029	1.120.834.838,56
2030	1.141.949.131,23	2030	1.137.172.972,95	2030	1.129.337.265,98

Tonnes de CO2 émises par voie de tarification du carbone respectif à l'analyse n°4.

	2021	2022	2023	2024	2025
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,20
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,20
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,74	12.317,37	13.261,11
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,73	12.317,29	13.261,02
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	8.564,47	9.918,37	11.185,67	12.317,20	13.261,02
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.317,20	13.259,78
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.316,09	13.259,78
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	8.564,47	9.918,29	11.185,59	12.316,05	13.259,69
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	8.564,47	9.918,22	11.184,55	12.315,95	13.259,35
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	8.564,41	9.917,33	11.184,47	12.315,46	13.258,53

	2026	2027	2028	2029	2030
Voie n°1 - 10€/tonneCO2	14.066,28	14.699,99	15.187,43	15.510,09	15.670,71
Voie n°2 - 20€/tonneCO2	14.066,28	14.699,99	15.187,41	15.509,98	15.670,60
Voie n°3 - 40€/tonneCO2	14.066,19	14.699,79	15.187,21	15.509,87	15.669,08
Voie n°4 - 50€/tonneCO2	14.066,09	14.699,79	14.842,12	15.508,41	15.669,02
Voie n°5 - 70€/tonneCO2	14.064,83	14.698,42	15.185,72	15.508,14	15.668,74
Voie n°6 - 90€/tonneCO2	14.064,72	14.698,16	15.185,52	15.507,55	15.667,66
Voie n°7 - 100€/tonneCO2	14.064,67	14.698,16	15.185,06	15.507,06	15.667,49
Voie n°8 - 120€/tonneCO2	14.064,53	14.697,64	15.184,38	15.499,76	15.660,10
Voie n°9 - 150€/tonneCO2	14.063,57	14.690,30	15.177,14	15.498,86	15.659,22
Voie n°10 - 200€/tonneCO2	14.056,81	14.689,46	15.176,28	15.489,41	14.714,12

